



TUGAS AKHIR TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
TEMPERATURE DALAM PROSES *DEGUMMING*
PADA *MINI PLANT* BIODIESEL DI WORKSHOP
INSTRUMENTASI**

**ANAK AGUNG YUNIARTHA
NRP 2414.031.014**

**Dosen Pembimbing
Ir. Ya'umar, MT
NIP. 19540406 198103 1 003**

**TEKNIK INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



TUGAS AKHIR TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
TEMPERATURE DALAM PROSES DEGUMMING PADA
MINI PLAN BIODIESEL DI WORKSHOP
INSTRUMENTASI**

**ANAK AGUNG YUNIARTHA
NRP 2412.031.014**

**Dosen Pembimbing
Ir Ya'umar MT
NIP. 19540406 198103 1 003**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



FINAL PROJECT TF 145565

***DESIGN AND BUILD OF TEMPERATURE CONTROL
SYSTEM IN THE DEGUMMING PROCESS TO
BIODIESEL MINI PLANT IN THE INSTRUMENTATION
WORKSHOP***

**ANAK AGUNG YUNIARTHA
NRP 2412.031.014**

**ADVISOR LECTURER
Ir Ya'umar MT
NIP. 19540406 198103 1 003**

***STUDY PROGRAM OF D3 INSTRUMENTATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF VOCATION
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2017***

LEMBAR PENGESAHAN

**"RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
TEMPERATURE DALAM PROSES DEGUMMING PADA
MINI PLANT BIODIESEL DI WORKSHOP
INSTRUMENTASI"**


TUGAS AKHIR

Oleh :

ANAK AGUNG YUNIARTHA
NRP. 2414 031 014

Surabaya, 27 Juli 2017
Menyetujui,


Dosen Pembimbing



Ir. Yulmar, MT
NIP. 19540406 198103 1 003



**Kepala Departemen
Teknik Instrumentasi FV-ITS**


Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc
NIP. 19620822 198803 1 001

LEMBAR PENGESAHAN



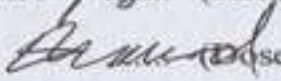
"RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATURE DALAM PROSES DEGUMMING PADA MINI PLANT BIODIESEL DI WORKSHOP INSTRUMENTASI"

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Teknik Instrumentasi
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh :
ANAK AGUNG YUNIARTHA
NRP. 2414 031 014**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Ya'umar, MT  (Pembimbing)
2. Dr. Bambang Lelono W., S.T., M.T  (Ketua Tim Penguji)
3. Ir. Tutug Dhanardono, M.T.  (Dosen Penguji)

**SURABAYA
JULI, 2017**

**“RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
TEMPERATURE DALAM PROSES DEGUMMING PADA
MINI PLANT BIODIESEL DI WORKSHOP
INSTRUMENTASI”**

Nama : Anak Agung Yuniartha
NRP : 2412 031 014
Program Studi : D3 Teknik Instrumentasi
Dosen Pembimbing : Ir. Ya'umar, MT

Abstrak

Pada sistem pengendalian temperatur ini merupakan suatu rancangan sistem yang mampu mengendalikan temperatur pada *mini plant biodiesel process* khususnya pada tangki pencampuran minyak dan katalis yang terdiri dari *methanol* (CH_3OH) dan katalis (H_3PO_4). Pengendalian temperatur pada proses degumming *mini plant* biodiesel menggunakan sistem pengendalian bermode *on-off* dan menggunakan RTD sebagai sensor temperatur, Atmega 8535 sebagai *controller*, LCD yang berfungsi untuk menampilkan data dan dua aktuator yaitu *heater* dan *solenoid valve*. Cara kerja dari plan pengendalian ini yaitu sensor RTD akan mendeteksi perubahan temperatur pada tangki pencampuran kemudian diolah oleh mikrokontroler Atmega sehingga perubahan temperatur dapat ditampilkan melalui LCD. Pada tangki ini temperatur ideal pencampuran minyak dan katalis adalah 60°C . Pada sistem pengendalian temperatur tangki pencampuran mempunyai nilai akurasi sebesar 96,90 %. Karakteristik respon sistem pengendalian dengan *settling time* sebesar 13 menit, *error steady state (ess)* sebesar 0,13 dan *maximum overshoot* sebesar 0,3%.

Kata kunci : Sistem pengendalian temperatur, proses degumming, sensor RTD, mikrokontroler Atmega 8535

“A DESIGN OF TEMPERATURE CONTROL SYSTEM IN THE DEGUMMING PROCESS TO BIODIESEL MINI PLANT IN THE INSTRUMENTATION WORKSHOP”

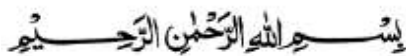
Name : Anak Agung Yuniartha
NRP : 2414 031 014
Department : Instrumentation Engineering
Diploma Program
Advisor Lecturer : Ir. Ya'umar, MT

Abstract

The temperature control system is a system that can control the temperature of biodiesel mini plant process, especially in the mixing tank of oil and catalys that consist of methanol (CH_3OH) and catalyst (H_3PO_4). The temperature control system in the degumming process of biodiesel mini plant is using on-off control mode with RTD as temperature sensor, Atmega 8535 as a controller, LCD is used to display data and two actuators are heater and solenoid valve. The responsible of the control plant is the RTD sensor will detect the temperature changes on the mixing tank then processed by Atmega 8535 microcontroller, so that the temperature changes can be displayed through LCD. On this tank the ideal temperature of mixing oil and metoxide is 60°C . The calculation result of accuraction system is 96,90 %. Characteristics of control system response with 13 minute time setling, steady state (ess) error of 0.13 and maximum overshoot of 0.3%.

Keywords : *The temperature control system, The degumming process, The RTD temperature sensor, The Atmega 8535 microcontroller*

KATA PENGANTAR



Puji syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT serta Nabi Muhammad SAW atas berkah, limpahan rahmat dan hidayah-Nya kepada kami semua sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir tepat waktu dengan judul :

“RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATURE DALAM PROSES DEGUMMING PADA MINI PLANT BIODIESEL PROCESS DI WORKSHOP INSTRUMENTASI”

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Diploma pada Departemen Teknik Instrumentasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menyelesaikan tugas akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc selaku Kepala Departemen Teknik Instrumentasi, FV-ITS
2. Bapak Ir. Ya'umar, MT, selaku dosen wali yang selalu memberikan motivasi dan perhatiannya selama penulis menjadi mahasiswa di Departemen Teknik Instrumentasi
3. Bapak Ir. Ya'umar, MT, selaku pembimbing tugas akhir yang senantiasa selalu bersabar dan memberikan segala ilmu dan bimbingannya yang diberikan selama pengerjaan tugas akhir.
4. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA, selaku Kepala Laboratorium Workshop Instrumentasi yang telah memberikan izin menggunakan *workshop* instrumentasi sebagai tempat pengerjaan tugas akhir kami.
5. Orang Tua saya yang tercinta, terutama Ibu saya, terima kasih atas segala dukungan dan kepercayaan baik moril,

spiritual dan material. Ayah saya yang selalu memotivasi dan memberi semangat. Semoga selalu dilimpahkan rahmat dan hidayahnya. Keberhasilan saya tidak terlepas dari doa dan usaha mereka.

6. Kelompok TA Biodiesel Proses Atika Diyanasari, Lintang Gumebyar, Dimas Gerry Ainul W., Renza Yuarifaldi, Andi M Fathurrahman yang bersama-sama berjuang dalam pengerjaan tugas akhir. Semoga akan selalu teringat kebersamaan kita.
7. Teman-teman seperjuangan tugas akhir D3 Teknik Instrumentasi angkatan 2014 yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini.
8. Kakak-kakak dari lintas jalur maupun alumni yang selalu memberi bimbingan dan pengetahuan seputar tugas akhir.
9. Serta semua pihak yang turut membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini, terima kasih banyak.

Penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sehingga mencapai sesuatu yang lebih baik.

Surabaya, 29 Juli 2017

Penulis

Anak Agung Yuniartha

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Metodologi Pengujian Alat	3
1.6 Sistematika Laporan	3
 BAB II TEORI PENUNJANG	 5
2.1 Bahan Baku Biodiesel	5
2.2 <i>Mixing Process</i>	7
2.3 Sensor RTD PT100	9
2.4 Reaksi Degumming	13
2.5 <i>Solenoid Valve</i>	13
2.6 Mikrokontroller Atmega 8535	14
2.7 <i>Heater</i>	21
2.8 Sistem Pengendalian <i>on/off</i>	23
2.9 Lampu Indikator	24
2.10 LCD (<i>Liquid Cristal Display</i>)	25
2.11 <i>Relay</i>	27
 BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	 31
3.1 Blok Diagram Perancangan Alat	31
3.2 Perancangan Sistem Pengendalian <i>Temperature</i> Pada <i>Unit Mixing</i>	32

3.3	Perancangan <i>Local Control unit (LCU)</i>	34
3.4	Perancangan Hardware	35
3.5	Perancangan Perangkat Lunak <i>Software</i>	41
3.6	Prosedur Operasional	43
 BAB IV PENGUJIAN ALAT DAN ANALISA DATA		45
4.1	Pengujian Alat	45
4.2	Pengujian Sistem	45
4.3	Analisa Data.....	58
 BAB V PENUTUP		61
5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran	61
 DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN A DATA SHEET ATMEGA 8535		
MICROCONTROLLER		
LAMPIRAN B DATA SHEET SENSOR RTD PT100		

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Biji nyamplung.....	7
Gambar 2.2 <i>Mixing tank</i>	9
Gambar 2.3 Sensor RTD.....	10
Gambar 2.4 Prinsip Kerja Sensor RTD	11
Gambar 2.5 Wire Wound.....	12
Gambar 2.6 <i>Thin- wound</i>	13
Gambar 2.7 3 Wire RTD.....	14
Gambar 2.10 Konfigurasi Pin Atmega328.....	16
Gambar 2.11 <i>Heater</i>	22
Gambar 2.12 Fluktuasi Pengendalian <i>On-Off</i>	24
Gambar 2.13 Lampu Indikator.....	25
Gambar 2.14 Konfigurasi LCD 2x16.....	26
Gambar 2.15 <i>Relay DC</i>	28
Gambar 3.1 Blok Diagram Perancangan dan Pembuatan Alat	31
Gambar 3.2 Rancangan Plant Temperatur Pada Tangki Pencampuran	32
Gambar 3.3 <i>Solenoid Valve</i>	33
Gambar 3.4 Heater dan mixer.....	33
Gambar 3.5 Sensor RTD.....	33
Gambar 3.6 Diagram Blok Pengendalian <i>Temperature</i>	34
Gambar 3.7 LCU <i>plant</i> Pengendalian <i>Temperature</i>	35
Gambar 3.8 Rangkaian <i>Power Supply</i> 5 Volt.....	36
Gambar 3.9 Rangkaian <i>Power Supply</i> 12 Volt.....	36
Gambar 3.10 Penempatan Sensor <i>RTD</i>	37
Gambar 3.11 Rangkaian <i>Modul Relay</i>	38
Gambar 3.12 Atmega <i>Microcontroller</i> Atmega8535	39
Gambar 3.12 Koneksi LCD 2x16 ke <i>Microcontroller</i>	40
Gambar 3.13 Tampilan Perancangan LCD Pada Uji Coba Sensor RTD PT100.....	40
Gambar 3.14 Diagram Alir Program.....	42
Gambar 4.1 Grafik Perubahan Temperatur Terhadap Waktu Pada <i>Set Point</i> 60°C	48
Gambar 4.2 Grafik Pengujian Sistem pada <i>set point</i> 55°C...50	50

Gambar 4.3 Grafik Pengujian Sistem pada *set point* 60 °C..53

Gambar 4.4 Grafik Pengujian Sistem pada *set point* 65 °C..56

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Fungsi Tiap Lajur Kabel	12
Tabel 2.2 Konfigurasi <i>Port B</i>	17
Tabel 2.3 Konfigurasi <i>Port C</i>	18
Tabel 2.4 Konfigurasi <i>Port D</i>	18
Tabel 2.5 Konfigurasi LCD 2x16	26
Tabel 4.1 Pengukuran Temperatur Pada Set Point 60 ⁰ C	46
Tabel 4.2 Data Pengujian Sistem dengan <i>set point</i> 55°	49
Tabel 4.3 Tabel Data <i>Error (ess)</i> dengan <i>Set Point</i> 55°C	51
Tabel 4.4 Data Pengujian Sistem dengan <i>set point</i> 60°C	52
Tabel 4.5 Tabel Data <i>Error (ess)</i> dengan <i>set point</i> 60°C	54
Tabel 4.6 Data Pengujian Sistem dengan <i>set point</i> 65°C	55
Tabel 4.7 Tabel Data <i>Error (ess)</i> dengan <i>set point</i> 65°C	56
Tabel 4.8 Data Perhitungan Akurasi	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masalah kelangkaan BBM menjadi sorotan dan tumpuan bagi masyarakat untuk tetap dapat bertahan di era globalisasi. Jika kelangkaan BBM itu terus dibiarkan, dikhawatirkan akan memperlambat laju perekonomian daerah mengingat BBM berperan sangat vital dalam menopang aktivitas masyarakat. (Hasegawa, 2007). Tidak hanya itu, mengingat BBM merupakan salah satu sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui dan pembentukan dari sisa – sisa organisme yang telah mati (tumbuhan – hewan) yang akan melapuk selama jutaan tahun. Saat ini, sudah mulai banyak produk minyak Biodiesel dari bahan organik yang berasal dari jasad renik tumbuhan maupun hewan. Peningkatan permintaan energi ini disebabkan oleh pertumbuhan populasi manusia dan permasalahan emisi dari bahan bakar fosil yang memberikan tekanan kepada setiap negara untuk segera memproduksi dan menggunakan energi yang dapat diperbaharui dan tidak mencemari lingkungan. Ketergantungan manusia terhadap bahan bakar fosil menyebabkan cadangan sumber energi tersebut makin lama semakin berkurang. Selain itu, penggunaan bahan bakar fosil berdampak pula pada perubahan iklim global yang disebabkan oleh meningkatnya efek rumah kaca di atmosfer bumi. Untuk mengurangi efek rumah kaca ini perlu ditingkatkan upaya pemanfaatan sumber energi alternatif yang bisa diperbaharui. Berbagai macam upaya terus dilakukan diantaranya upaya penghematan konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) dan mengganti sumber energi utama yang persediaannya semakin menipis dengan sumber energi terbarukan yang berasal dari alam sekitar. Sumber energi terbarukan tersebut diantaranya adalah bahan bakar alternatif berupa biodiesel.

Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki banyak jenis tanaman sebagai sumber biodiesel yang tersebar secara spesifik di seluruh pelosok Nusantara, salah satunya adalah nyamplung. Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* Linn)

merupakan salah satu tanaman yang banyak tumbuh di Indonesia. Tanaman ini dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar cair pengganti minyak. Dengan adanya potensi nyamplung yang cukup melimpah di Indonesia, pemanfaatnya sebagai sumber bahan bakar nabati pengganti solar, dapat menjadi alternatif mengatasi krisis energi di Indonesia.

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan karena biodiesel dapat mengurangi emisi gas karbon monoksida (CO) sekitar 50%, gas karbon dioksida (CO₂) sekitar 78,45 %, dan bebas kandungan sulfur. Biodiesel dapat diperoleh dari minyak tumbuhan yang berasal dari sumberdaya yang dapat diperbarui. Ketersediaan bahan bakar minyak yang ada selama ini belum dapat memenuhi konsumsi masyarakat. Oleh karena itu, adanya sumber energi alternatif dari minyak nyamplung diharapkan dapat memenuhi kebutuhan bahan bakar minyak di Indonesia. Terdapat beberapa proses yang harus dilalui untuk mendapatkan biodiesel dari minyak biji nyamplung. Salah satunya adalah proses degumming. Proses degumming dimana proses ini bertujuan menghilangkan getah (gum) yang dikandung minyak mentah dengan menggunakan H₃PO₄ sebagai katalis

Maka dari itu akan dirancang sebuah *mini plant Biodiesel Process* secara sederhana. Sistem pada *mini plant Biodiesel Process* ini memerlukan sistem pengendalian otomatis bermode *on-off* ini berfungsi untuk mengendalikan temperatur pada proses degumming. Oleh karena itu, akan dirancang suatu sistem pengendalian otomatis dengan menggunakan Atmega 8535 dengan bermode pengendalian *on-off* sebagai *controller* dan menggunakan sensor *RTD* sebagai pendeteksi temperatur pada proses degumming *mini plant Biodiesel*.

1.2 Perumusan Masalah

Pada pelaksanaan tugas akhir ini terdapat permasalahan yaitu bagaimana merancang sistem *control* temperatur pada proses degumming pada *Mini Plant Biodiesel Process*, agar mendapatkan temperatur yang sesuai dengan proses degumming

1.3 Batasan Masalah

Perlu diberikan beberapa batasan permasalahan agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan. Adapun batasan permasalahan dari sistem yang dirancang ini yaitu :

- Pada *plant* tangki pencampuran pada proses degumming, variabel proses yang akan dikendalikan adalah temperatur.
- Bahan yang digunakan dalam pembuatan biodiesel ini adalah minyak biji nyamplung, larutan alkohol (CH_3OH), katalis (H_3PO_4), dan aquades untuk proses pencucian.
- Temperatur yang digunakan dalam proses pencampuran ini adalah 60°C .
- Mode pengendali yang digunakan adalah *on-off*.
- Sensor yang digunakan yaitu *RTD (Resistance temperature detector)* dengan *range* pengukuran -250°C - 600°C
- *Controller* yang digunakan adalah Atmega 8535
- Dilakukan *monitoring* terhadap perubahan temperatur.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini yaitu merancang suatu sistem pengendalian temperatur pada proses degumming *Mini Plant Biodiesel*, untuk mendapatkan hasil pencampuran dan konversi yang optimum.

1.5 Metodologi Pengujian Alat

Metodologi penelitian dalam pelaksanaan tugas akhir ini, yaitu :

- Studi literatur

Studi literatur meliputi pemahaman secara teori mengenai Atmega 8535, sensor RTD dan teori tentang sistem pengendalian temperatur bermode *on-off*.

- Perancangan dan Pembuatan Alat

Merancang mekanik, mulai dari penempatan tangki minyak dan larutan campuran (H_3PO_4 dan *methanol*) dan tangki pencampuran dan *solenoid valve* yang akan dipakai untuk membuka aliran minyak dan larutan campuran (H_3PO_4 dan

methanol). Merancang elektrik, mulai dari menghubungkan sensor RTD menuju Atmega 8535 yang dihubungkan dengan LCD. Merancang *software* dengan menggunakan pemrograman bahasa C yang akan digunakan untuk memprogram Atmega 8535 pada cvavr

- Pengujian dan Analisa Data

Pengujian alat meliputi pengujian *hardware* dan pengujian *software* dengan cara mengoperasikan dan menjalankan *hardware* dan *software* tersebut dan hasilnya sesuai dengan perencanaan alat.

1.6 Sistematika Laporan

Dalam penyusunan tugas akhir ini, sistematika laporan disusun secara sistematis dan terbagi dalam beberapa bab, yaitu dengan perincian sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab ini berisi tentang penjelasan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, tugas akhir, metodologi penelitian dan sistematika laporan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini berisikan tentang teori-teori penunjang tugas akhir, antara lain teori tentang bahan pembuatan biodiesel antara lain minyak biji nyamplung, larutan *methanol* (CH_3OH) dan katalis (H_3PO_4), sensor RTD, *relay*, cara kerja *solenoid valve*, proses *unit mixing*, reaksi Degumming, *heater*, sistem pengendalian *on-off*, lampu indikator, LCD, dan *microcontroller* Atmega 8535.

BAB III Perancangan dan Pembuatan Alat

Dalam bab ini akan dijelaskan secara detail mengenai langkah-langkah yang harus dilalui untuk mencapai tujuan dan simpulan akhir dari penelitian. Produk akhir dari tahap ini adalah

perancangan dan model yang siap untuk dibuat, diuji, dan dianalisa.

BAB IV

Pengujian Alat dan Analisa Data

Pada bab ini merupakan tindak lanjut dari bab III, dimana pengujian yang telah dilakukan dan akan didapatkan data, baik data berupa grafik maupun tabulasi, kemudian akan dilakukan analisa dan pembahasan.

BAB V

Kesimpulan dan Saran

Dalam bab ini adalah berisi mengenai kesimpulan pokok dari keseluruhan rangkaian penelitian yang telah dilakukan serta saran yang dapat dijadikan rekomendasi sebagai pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II

TEORI PENUNJANG

Dalam pengerjaan tugas akhir adapun teori penunjang yang digunakan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan antara lain : komponen *mini plant* sistem pengendalian *temperature* pada bahan pembuatan biodiesel yaitu minyak biji nyamplung, larutan *methanol* (CH_3OH), dan katalis (H_3PO_4), *mixing process*, proses degumming, sensor RTD , elektrik pemanas (*heater*), *solenoid valve*, Atmega 8535, pengendalian *On-Off*, LCD, lampu indikator, *relay*.

2.1 Bahan Baku Biodiesel

Untuk membuat biodiesel diperlukan tiga komponen utama yaitu minyak biji kapuk, alkohol, dan katalis.

2.1.1 Minyak Biji Nyamplung

Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.). Nyamplung termasuk dalam marga *Calophyllum* yang mempunyai sebaran cukup luas di dunia yaitu Madagaskar, Afrika Timur, Asia Selatan dan Tenggara, Kepulauan Pasifik, Hindia Barat, dan Amerika Selatan. Di Indonesia nyamplung tersebar mulai dari bagian Barat sampai Bagian Timur Indonesia. Distribusi pohon nyamplung di Indonesia, mulai Sumatera Barat, Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Lampung, Jawa, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Sulawesi, Maluku, hingga Nusa Tenggara Timur dan Papua . Selain itu, pohon tersebut juga ditemui di wilayah Malaysia, Filipina, Thailand, dan Papua Nugini. Kelebihan nyamplung sebagai bahan baku biodiesel adalah biji mempunyai rendemen yang tinggi (bisa mencapai 74%) dan dalam pemanfaatannya tidak berkompetisi dengan kepentingan pangan. Selain itu, nyamplung memiliki keunggulan ditinjau dari prospek pengembangan dan pemanfaatan lain, antara lain : tumbuh dan tersebar merata secara alami di Indonesia, regenerasi mudah dan berbuah sepanjang tahun menunjukkan daya survival yang tinggi terhadap lingkungan, relatif mudah dibudidayakan baik tanaman sejenis (monoculture)

atau hutan campuran (mixed forest), cocok di daerah beriklim kering, permudaan alami banyak, dan berbuah sepanjang tahun, hampir seluruh bagian tanaman nyamplung berdayaguna dan menghasilkan bermacam produk yang memiliki nilai ekonomi, tegakan hutan nyamplung berfungsi sebagai wind breaker/ perlindungan untuk tanaman pertanian dan konservasi sempa dan pantai, pemanfaatan biodiesel nyamplung dapat menekan laju penebangan pohon hutan sebagai kayu bakar. (Santoso.,2008)



Gambar 2.1 Biji nyamplung

Minyak nyamplung mempunyai viskositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan minyak tanah/kerosin dan daya kapilaritas minyak nyamplung lebih rendah dari pada minyak tanah/kerosin. Minyak nyamplung harus diproses kembali melalui proses *degumming* untuk dapat digunakan sebagai bahan bakar biokerosin (Departemen Kehutanan, 2008).

2.1.2 Alkohol (*Methanol*)

Jenis alkohol yang biasanya dipakai pada proses pembuatan biodiesel adalah *methanol* dan etanol. *Methanol* atau biasa dikenal sebagai metil alkohol merupakan jenis alkohol yang biasa digunakan dalam pembuatan biodiesel karena *methanol* (CH_3OH) mempunyai keuntungan lebih mudah bereaksi atau lebih stabil dibandingkan dengan etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) karena *methanol* memiliki satu ikatan carbon sedangkan etanol memiliki dua ikatan carbon, sehingga lebih mudah memperoleh pemisahan gliserol dibanding dengan etanol. Kerugian dari *methanol* adalah *methanol* termasuk zat yang beracun dan berbahaya, bahkan lebih mudah terbakar bila dibandingkan bensin. *Methanol* berwarna bening seperti air, mudah menguap, mudah terbakar dan mudah bercampur dengan

air. Etanol lebih aman, tidak beracun dan terbuat dari hasil pertanian, sedangkan *methanol* mengandung uap yang berbahaya bagi makhluk hidup dan terbuat dari batubara. Etanol memiliki sifat yang sama dengan metanol yaitu berwarna bening seperti air, mudah menguap, mudah terbakar dan mudah bercampur dengan air. Namun, saat ini penggunaan *methanol* lebih banyak digunakan karena selain harganya lebih murah, juga lebih mudah untuk memperoleh pemisahan gliserin dibandingkan dengan etanol, dan pada penggunaan etanol apabila tidak berhati-hati akan menimbulkan emulsi. *Methanol* dan etanol yang dapat digunakan hanya yang murni 99%. *Methanol* memiliki massa jenis 0,7915 g/m³, sedangkan etanol memiliki massa jenis 0,79 g/m³ [5].

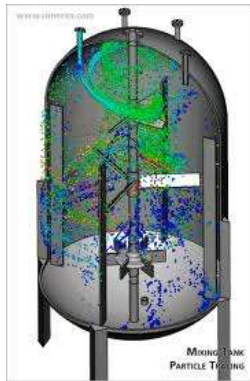
2.1.3 Katalis (H₃PO₄)

Katalis adalah suatu zat yang berfungsi mempercepat laju reaksi dengan menurunkan energi aktivasi, namun tidak menggeser letak keseimbangan. Tanpa katalis proses degumming akan berjalan sangat lambat karena membutuhkan temperatur dan tekanan yang tinggi untuk mencapai hasil yang maksimum. Katalis dapat berupa basa, asam, atau enzim. Katalis asam homogen yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi misalnya H₂SO₄, HCl, dan H₃PO₄. Akan tetapi penggunaan katalis ini memerlukan waktu reaksi yang lama, menyebabkan korosi pada reaktor yang digunakan, rasio molar alkohol dengan minyak harus besar serta memerlukan suhu yang tinggi (Helwani, 2009). Sedangkan katalis dan gliserol akan mengendap. Jumlah katalis yang digunakan harus tepat. Penggunaan katalis yang terlalu sedikit akan menyebabkan minyak dan alkohol tidak bereaksi, dan apabila jumlah katalis yang digunakan terlalu banyak akan menyebabkan campuran teremulsi [6].

2.2 *Mixing Process*

Mixing process merupakan suatu proses membaurkan beberapa bahan menjadi satu kesatuan dengan presentase tertentu sehingga menghasilkan produk baru yang homogen. Contoh dari

proses pencampuran cair-cair yaitu seperti sirup, bahan-bahan kimia, minuman kaleng dan sebagainya. Dalam proses tersebut diperlukan gaya mekanik sebagai penggerak alat pengaduk sehingga proses pencampuran dapat berjalan dengan baik. Ada beberapa metode dalam proses pencampuran seperti penyemprotan dan mengeluarkan gas ke dalam cairan. Namun metode yang paling sering digunakan yaitu dengan metode turbulensi dimana bahan-bahan yang akan dicampur dimasukkan kedalam bejana kemudian diaduk^[7].



Gambar 2.2. *Mixing Tank* ^[7]

Selain itu salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan peralatan yang harus digunakan dalam pencampuran adalah fase dari bahan yang akan dicampur. Pencampuran berdasarkan fase dari bahan yang dicampur maka biodiesel digolongkan pada jenis mixing Liquid-Liquid Material of Mixing. *Mixing process* ini digunakan untuk mempersiapkan atau melaksanakan proses-proses kimia dan fisika serta juga untuk membuat produk akhir yang komersial. Alat yang digunakan untuk mencampur bahan cair-cair dapat berupa tangki atau bejana yang dilengkapi dengan pengaduk. Tangki atau bejana biasanya berbentuk silinder dengan sumbu terpasang vertikal, bagian atas bejana itu bias terbuka saja ke udara atau dapat pula tertutup. Ujung bawah tangki itu biasanya agak membulat, jadi tidak datar saja, maksudnya agar tidak terdapat terlalu banyak sudut-sudut tajam

atau daerah yang sulit ditembus arus zat cair. Kedalaman zat cair biasanya hampir sama dengan diameter tangki. Di dalam tangki itu dipasang pengaduk (*impeller*) pada ujung poros menggantung, artinya poros itu ditumpu dari atas. Poros itu digerakkan oleh motor, yang kadang-kadang dihubungkan langsung dengan poros itu, namun biasanya dihubungkan melalui peti roda gigi untuk menurunkan kecepatannya.

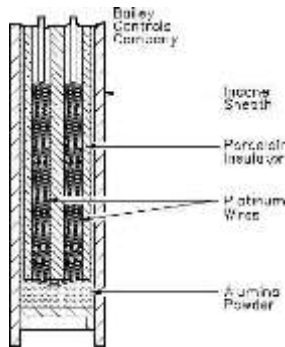
2.3 Sensor RTD

RTD yang merupakan singkatan dari Resistance Temperature Detector adalah sensor suhu yang pengukurannya menggunakan prinsip perubahan resistansi atau hambatan listrik logam yang dipengaruhi oleh perubahan suhu. RTD adalah salah satu sensor suhu yang paling banyak digunakan dalam otomatisasi dan proses kontrol.



Gambar 2.3. Sensor RTD^[10]

Pada tipe elemen wire-wound atau tipe standar, RTD terbuat dari kawat yang tahan korosi, yang dililitkan pada bahan keramik atau kaca, yang kemudian ditutup dengan selubung probe sebagai pelindung. Selubung probe ini biasanya terbuat dari logam inconel (logam dari paduan besi, chrom, dan nikel). Inconel dipilih sebagai selubung dari RTD karena tahan korosi dan Ketika ditempatkan dalam medium cair atau gas, selubung inconel cepat dalam mencapai suhu medium tersebut. Antara kawat RTD dan selubung juga terdapat keramik (porselen isolator) sebagai pencegah hubung pendek antara kawat platina dan selubung pelindung.



Gambar 2.4. Prinsip Kerja Sensor *RTD*^[10]

Ketika suhu elemen RTD meningkat, maka resistansi elemen tersebut juga akan meningkat. Dengan kata lain, kenaikan suhu logam yang menjadi elemen resistor RTD berbanding lurus dengan resistansinya. elemen RTD biasanya ditentukan sesuai dengan resistansi mereka dalam ohm pada nol derajat celcius (0°C). Spesifikasi RTD yang paling umum adalah $100\ \Omega$ (RTD PT100), yang berarti bahwa pada suhu 0°C , elemen RTD harus menunjukkan nilai resistansi $100\ \Omega$. arus listrik akan mengalir melalui elemen RTD (elemen resistor) yang terletak pada tempat atau daerah yang mana suhunya akan diukur. Nilai resistansi dari RTD kemudian akan diukur oleh instrumen alat ukur, yang kemudian memberikan hasil bacaan dalam suhu yang tepat, pembacaan suhu ini didasarkan pada karakteristik resistansi yang diketahui dari RTD.

2.4 Proses degumming

Pada proses *degumming* konvensional menggunakan Asam Phospat (H_3PO_4). Memanaskan 200 ml minyak biji nyamplung hingga suhu 50°C dengan *hot plate* (pemanas). Menambahkan H_3PO_4 dengan rasio berat sebesar 10% dari berat minyak biji nyamplung. Memanaskan minyak kembali sambil diaduk selama 30 menit untuk menghilangkan getah (*gum*) pada minyak biji nyamplung. Memasukkan serta mendinginkan minyak biji nyamplung pada corong pemisah selama 60 menit. Memisahkan minyak biji nyamplung (lapisan atas) dengan kotoran yang tidak terlarut yang terkandung di dalam minyak (lapisan

bawah). Langkah selanjutnya dilakukan analisa dan perhitungan minyak biji nyamplung untuk kadar fosfor, %FFA dan Trigliserida (TGS) sehingga diperoleh hasil analisa untuk kadar fosfor adalah sebesar 25,134%, FFA sebesar 13,464% dan Trigliserida (TGS) sebesar 49,876%. Dalam hal ini terjadi peningkatan %FFA ini dikarenakan degumming menggunakan H_3PO_4 masih mengandung gum-gum yang masih tertinggal dalam minyak sehingga %FFA meningkat. Dengan meningkatnya kadar FFA ini juga akan mempengaruhi kadar trigliserida dalam minyak sehingga trigliserida menjadi turun. Degumming menggunakan H_3PO_4 juga dapat menurunkan kadar fosfor dalam minyak, hal ini dikarenakan H_3PO_4 dapat mengikat gum yang tidak terlarut dalam air. (Deny Sumarna, 2006)

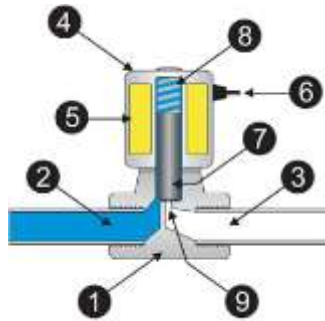
2.5 Solenoid Valve

Solenoid Valve merupakan sebuah katup yang mempunyai kumparan sebagai penggerak piston yang digerakan dengan arus AC maupun DC. Pada solenoid valve terdapat lubang keluaran (*ouput*), lubang masukan (*input*) dan *exhaust*. Masing-masing lubang tersebut mempunyai fungsi yang berbeda, misalnya lubang keluaran berfungsi sebagai jalan masuk *fluida* atau *supply*, kemudian lubang keluaran berfungsi sebagai jalan tempat keluarnya *fluida* dan *exhaust* sebagai tempat mengeluarkan cairan yang terjebak saat piston bergerak atau pindah posisi saat *solenoid* bekerja.



Gambar 2.8. *Solenoid Valve* ^[12]

Solenoid valve bekerja ketika katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggerak dimana ketika koil mendapat *supply* tegangan listrik maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan piston pada bagian dalam. Ketika piston berpindah posisi maka pada lubang keluaran solenoid valve akan mengeluarkan fluida sesuai dengan *supply* tegangan yang diterima, umumnya 100/200 VAC tetapi ada juga yang mendapatkan *supply* tegangan DC. Berikut ini merupakan bagian-bagian dari solenoid valve:



Gambar 2.9. Bagian-Bagian *Solenoid Valve* ^[12]

Keterangan:

1. *Valve body*
2. Terminal masukan (*inlet port*)
3. Terminal keluaran (*outlet port*)
4. Koil / koil *solenoid*
5. Kumputan
6. Kabel suplai tegangan
7. *Plunger*
8. *Spring*
9. Lubang / *exhaust*

2.6 Mikrokontroler Atmega 8535

Mikrokontroler merupakan suatu rangkaian terintegrasi (*IC*) dengan kepadatan yang sangat tinggi dan semua bagian yang

diperlukan oleh suatu kontroler sudah dikemas dalam satu *keping* yang didalamnya terdiri dari pusat pemroses (*Central Processing Unit*), RAM (*Random Access Memory*), EEPROM / EPROM / PROM, unit *input/output*, antarmuka serial dan *parallel*, *timer* dan *counter*, serta *interrupt* kontroler. Mikrokontroler tersedia dalam beberapa pilihan, tergantung dari keperluan dan kemampuan yang diinginkan. Mikrokontroler yang banyak beredar biasanya terdiri dari 4, 8, 16 atau 32 bit.

Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur RISC 8 Bit, sehingga semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bits *word*) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus instruksi *clock*. Dan ini sangat membedakan sekali dengan instruksi MCS-51 (Berarsitektur CISC) yang membutuhkan siklus 12 *clock*. RISC adalah *reduced instruction set computing* sedangkan CISC adalah *complex instruction set computing*.

AVR dikelompokkan kedalam 4 kelas, yaitu ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan keluarga AT86RFxx. Dari kesemua kelas yang membedakan satu sama lain adalah ukuran *on-board* memori, *on-board peripheral* dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan keempat kelas AVR bisa dikatakan hampir sama.

2.6.1 Arsitektur ATmega 8535

Adapun spesifikasi arsitektur yang terdapat pada ATmega 8535 sebagai berikut :

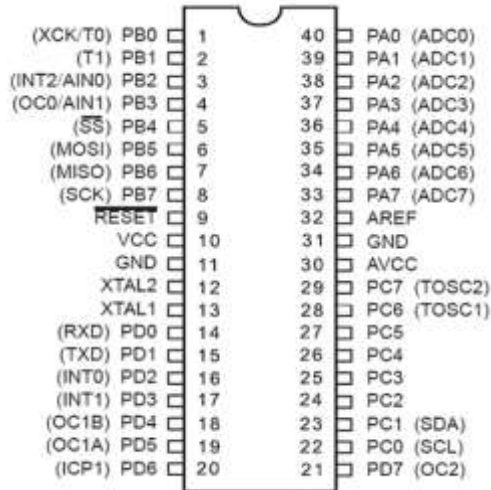
- a. Saluran IO sebanyak 32 buah, yaitu *port A*, *port B*, *port C* dan *port D*
- b. ADC 10 bit sebanyak 8 *channel*
- c. Tiga buah *timer / counter*
- d. 32 *register*
- e. *Watchdog timer* dengan *oscillator* internal
- f. SRAM sebanyak 512 *byte*
- g. Memori *Flash* sebesar 8 kb
- h. Sumber *interrupt* internal dan eksternal
- i. *Port SPI (Serial Peripheral Interface)*
- j. EEPROM on board sebanyak 512 *byte*
- k. Komparator *analog*

- l. *Port USART (Universal Shynchronous Ashynchronous*
- m. *Receiver Transmitter)*

2.6.2 Konfigurasi *Pin* ATMega8535

Mikrokontroler ATMega 8535 memiliki 40 *pin* dan 4 *port* dengan susunan seperti pada gambar 2.10 dengan masing-masing dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. VCC merupakan *pin* yang berfungsi sebagai *pin* masukan catu daya
- b. GND merupakan *pin ground*
- c. *Port A* (PA0...PA7) merupakan *pin* I/O dan *pin* masukan ADC
- d. *Port B* (PB0...PB7) merupakan *pin* I/O dan *pin* yang mempunyai fungsi khusus yaitu *timer/counter*, komparator analog dan SPI
- e. *Port C* (PC0...PC7) merupakan *port* I/O dan *pin* yang mempunyai fungsi khusus, yaitu komparator analog dan *timer oscillator*
- f. *Port D* (PD0...PD1) merupakan *port* I/O dan *pin* fungsi khusus yaitu komparator analog dan *interrupt eksternal* serta komunikasi serial
- g. RESET merupakan *pin* yang digunakan untuk mereset mikrokontroler
- h. XTAL1 dan XTAL2 merupakan *pin* masukan *clock eksternal*
- i. AVCC merupakan *pin* masukan untuk tegangan ADC
- j. AREF merupakan *pin* masukan tegangan referensi untuk ADC



Gambar 2.10 Konfigurasi *pin* IC ATmega 8535^[7]

Port A

Pada port A merupakan 8-bit *directional port* I/O. Setiap *pin*nya dapat menyediakan *internal pull-up* resistor (dapat diatur per bit). *Output buffer* Port A dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display* LED secara langsung. *Data Direction Register* port A (DDRA) harus disetting terlebih dahulu sebelum Port A digunakan. Bit-bit DDRA diisi 0 jika ingin memfungsikan *pin-pin* port A yang bersesuaian sebagai *input*, atau diisi 1 jika sebagai *output*. Selain itu, kedelapan *pin* port A juga digunakan untuk masukan sinyal analog bagi A/D converter.

Port B

Pada Port B merupakan 8-bit *directional port* I/O. Setiap *pin*nya dapat menyediakan *internal pull-up* resistor (dapat diatur per bit). *Output buffer* Port B dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display* LED secara langsung. *Data Direction Register* port B (DDRB) harus disetting terlebih dahulu sebelum Port B digunakan. Bit-bit DDRB diisi 0 jika ingin memfungsikan *pin-pin* port B yang bersesuaian sebagai *input*, atau diisi 1 jika

sebagai *output*. *Pin-pin port B* juga memiliki untuk fungsi-fungsi alternatif khusus seperti yang dapat dilihat dalam tabel berikut 2.1 *Pin-pin port I/O PORT B*.

Table 2.1 *Pin-pin Port I/O PORT B*

<i>Port Pin</i>	Fungsi Khusus
PB0	T0 = <i>timer/counter 0 external counter input</i>
PB1	T1 = <i>timer/counter 0 external counter input</i>
PB2	AIN0 = <i>analog comparator positive input</i>
PB3	AIN1 = <i>analog comparator negative input</i>
PB4	SS = <i>SPI slave select input</i>
PB5	MOSI = <i>SPI bus master output / slave input</i>
PB6	MISO = <i>SPI bus master input / slave output</i>
PB7	SCK = <i>SPI bus serial clock</i>

Port C

Pada Port C merupakan 8-bit *directional port I/O*. Setiap *pinnya* dapat menyediakan *internal pull-up* resistor (dapat diatur per bit). *Output buffer Port C* dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display LED* secara langsung.

Data *Direction Register port C* (DDRC) harus disetting terlebih dahulu sebelum *Port C* digunakan. Bit-bit DDRC diisi 0 jika ingin memfungsikan *pin-pin port C* yang bersesuaian sebagai *input*, atau diisi 1 jika sebagai *output*. Selain itu, dua *pin port C* (PC6 dan PC7) juga memiliki fungsi alternatif sebagai *oscillator* untuk *timer/counter 2*.

Port D

Pada Port D merupakan 8-bit *directional port I/O*. Setiap *pinnya* dapat menyediakan *internal pull-up* resistor (dapat diatur per bit). *Output buffer Port D* dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display LED* secara langsung. Data *direction register port D* (DDRD) harus di *setting* terlebih dahulu sebelum

Port D digunakan. *Pin* pada *port D* juga memiliki untuk fungsi yaitu. [7]

Table 2.2 *Pin – pin Port I/O PORT D*

<i>Port</i>	Fungsi khusus
PD0	RDX (UART <i>input</i> line)
PD1	TDX (UART <i>output</i> line)
PD2	INT0 (external interrupt 0 <i>input</i>)
PD3	INT1 (external interrupt 1 <i>input</i>)
PD4	OC1B (Timer <i>output</i> compareB match <i>output</i>)
PD5	OC1A (Counter1 <i>output</i> compareA match <i>output</i>)
PD6	ICP (Timer/counter1 <i>input</i> capture <i>pin</i>)
PD7	OC2 (Timer <i>output</i> compare match <i>output</i>)

2.6.1 Catu Daya

Catu daya merupakan daya untuk menjalankan peralatan elektronik yang dapat diperoleh dari baterai atau sumber lainnya. Arduino dapat diberikan *power* melalui koneksi USB atau *power supply*. *Power supply* dapat menggunakan *adaptor* DC atau baterai. *Adaptor* dapat dikoneksikan dengan menggunakan *jack adaptor* pada koneksi *port* input *supply*. *Board* arduino dapat dioperasikan menggunakan *supply* dari luar sebesar 7-12 volt. Jika *supply* kurang dari 7V akan menyebabkan *board* menjadi tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12V, tegangan di regulator akan sangat panas dan dapat menyebabkan kerusakan pada *board*. Rekomendasi tegangan ada pada 7 hingga 12 volt. Penjelasan pada pin *power* adalah sebagai berikut :

- *V_{in}*
Tegangan input ke *board* arduino ketika menggunakan tegangan dari luar (seperti yang disebutkan 5 volt dari koneksi USB atau tegangan yang diregulasikan). Pengguna dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau tegangan suplai menggunakan power jack, aksesnya menggunakan pin ini.
- 5V

Regulasi *power supply* digunakan untuk power mikrokontroller dan komponen lainnya pada *board*. 5V dapat melalui Vin menggunakan regulator pada *board*, atau *supply* oleh USB atau *supply* regulasi 5V lainnya.

- 3V3
Suplai 3.3 volt didapat oleh FTDI chip yang ada di *board*. Arus maximumnya adalah 50 Ma.
- Pin Ground
Pin ground berfungsi sebagai jalur ground pada arduino.

2.6.2 Memori

Atmega328 memiliki 32 KB *flash* memori untuk menyimpan kode dan 2 KB yang digunakan untuk *bootloader*. Atmega328 memiliki 2 KB untuk SRAM dan 1 KB untuk EEPROM.

2.6.3 Input dan Output

Setiap 14 pin digital pada arduino dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Input/output dioperasikan pada 5 volt. Setiap pin dapat menghasilkan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki internal pull-up resistor (disconnected oleh default) 20-50 Kohms. Adapun beberapa fungsi yang dimiliki pin adalah sebagai berikut :

- Serial : 0 (RX) dan 1 (TX), digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) TTL data serial. Pin ini terhubung pada pin yang koresponding dari USB PTDI ke TTL chip serial.
- Interrupt eksternal : 2 dan 3, pin ini dapat dikonfigurasi untuk trigger sebuah interap pada low value, rising atau falling edge, atau perubahan nilai.
- PWM : 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Mendukung 8-bit output PWM dengan fungsi `analogWrite()`.
- SPI : 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini

mensupport komunikasi SPI, yang mana masih mendukung hardware, yang tidak termasuk pada bahasan arduino.

- LED : 13, digunakan untuk koneksi LED ke digital pin 13. Ketika pin bernilai HIGH, LED hidup dan ketika pin LOW, LED mati.

2.7 Heater

Electrical Heating Element (elemen pemanas listrik) banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari. Baik didalam rumah tangga atau pun peralatan dan mesin industri. Pada rancangan tugas akhir *plant biodiesel* kali ini khususnya pada *plant* pencampuran dibutuhkan *heater* dengan tujuan untuk memanaskan larutan *methanol* dan KOH agar dapat tercampur dengan baik dan maksimal. Bentuk dan type dari *electrical heating element* ini bermacam-macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan dipanaskan.

Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*Resistance Wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah niklin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan.

Ada 2 macam jenis utama pada elemen pemanas listrik ini yaitu:

- Elemen Pemanas Listrik bentuk dasar yaitu elemen pemanas dimana *Resistance Wire* hanya dilapisi oleh isolator listrik, macam-macam elemen pemanas bentuk ini adalah: *Ceramik Heater*, *Silica dan Quartz Heater*, *Bank Channel Heater*, *Black Body Keramik Heater*.
- Elemen Pemanas Listrik bentuk Lanjut merupakan elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam dengan tujuan sebagai penyesuaian terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut. Bahan logam yang biasa digunakan adalah : *mild stell*, *stainles stell*, tembaga dan kuningan. Pada tugas

akhir kali ini akan menggunakan jenis *tubular heater* dimana pemanas yang digunakan untuk memanaskan cairan, baik air ataupun bahan kimia, terdiri dari 1 atau lebih tubular heater berbentuk “U form” yang dipasang pada flans.^[3]



Gambar 2.11. Heater ^[14]

2.8 Sistem Pengendalian *On-off*

Sistem pengendalian proses terdiri dari beberapa kerja alat-alat yang digunakan untuk mengendalikan variabel-variabel proses terukur pada suatu nilai *set point* tertentu. Sistem pengendalian proses terdiri dari dua macam, yaitu pengendalian manual dan otomatis. Variabel-variabel proses yang dikendalikan terdiri dari *pressure*, *flow*, *temperature* dan *level*. Beberapa istilah dalam *system* pengendalian proses antara lain:

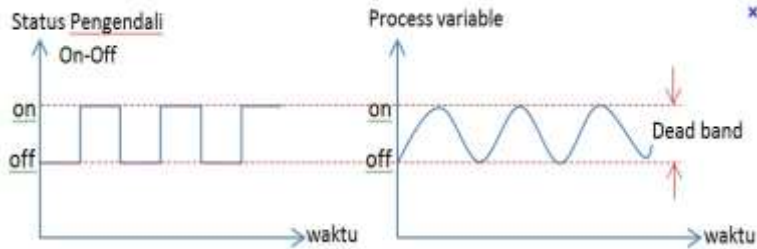
- *Controller* : elemendalam *system* pengendalian yang melakukan pengukuran, perbandingan, perhitungan, dan koreksi. Salah satu metode *controller* dalam *system* pengendalian proses di industry yaitu *PID (Proportional Integral Derrivatif) control*.
- Proses : Gabungan peralatan yang bekerja sebagai suatu sistem
- Transmitter berfungsi membaca sinyal sensing element dari sensor dan mengubahnya sebelum diteruskan ke *controller*.

- FCE (*Final Control Element*) : instrument akhir dalam *system* pengendalian proses yang berfungsi merubah *variable* pengukuran (*measurement variable*) menjadi *variable* termanipulasi (*manipulated variable*) berdasarkan perintah *controller* terpasang.

Dalam perancangan sebuah pengendalian proses, dibutuhkan suatu penetapan mode proses terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan mode pengendalian proses merupakan hal yang paling utama dalam sebuah sistem pengendalian variabel. Salah satu mode pengendalian yang sering juga digunakan dalam banyak pengendalian variabel proses yaitu mode pengendalian *on/off*. Pengendalian *on /off* hanya bekerja pada dua posisi, yaitu posisi “*on*” dan posisi “*off*”. Pada sistem pengendalian *on/off* tidak akan pernah bekerja pada daerah antara 0 hingga 100%. Karena kerjanya yang *on/off* , hasil pengendalian pengendali *on-off* akan menyebabkan proses *variable* yang bergelombang, tidak pernah konstan. Perubahan proses *variable* akan seiring dengan perubahan posisi *final control element*. Besar kecilnya fluktuasi proses *variable* ditentukan oleh titik dimana *controller* “*on*” dan titik dimana “*off*”. Karena karakteristik kerjanya yang hanya *on* dan *off*, *controller* jenis *on-off* juga sering disebut sebagai *two position controller*, *gap controller* atau *snap controller* . Kata *snap* secara harfiah berarti menampar. Sebuah *controller on-off* kemudian juga lazim disebut *snap controller*. Ungkapan kata *snap action* kelak akan juga dipakai untuk kerja *controller* jenis lain yang karena besarnya gain menjadi bekerja secara *on-off*.

Kerja pengendalian *on-off* , seringkali didapatkan dengan memanfaatkan *dead band* suatu proses *switch*. Kerja pengendalian *on-off* banyak dipakai di sistem pengendalian yang sederhana. Namun, tidak semua proses dapat dikendalikan secara *on-off* karena banyak operasi proses yang tidak dapat mentolerir fluktuasi proses *variable*. Jadi, syarat utama untuk memakai pengendali *on-off* yaitu karena proses memang tidak dapat mentolerir fluktuasi proses *variable* pada batas-batas kerja pengendalian *on-off*. Aksi pengendalian dari *controller* ini hanya mempunyai dua kedudukan,

maksimum atau minimum, tergantung dari *variable* terkontrolnya, apakah lebih besar atau lebih kecil dari set point.



Gambar 2.12. Fluktuasi Pengendalian *On-Off* ^[15]

2.9 Lampu Indikator

Lampu pijar adalah sumber cahaya buatan yang dihasilkan melalui penyaluran arus listrik melalui *filamen* yang kemudian memanaskan dan menghasilkan cahaya. Kaca yang menyelubungi *filamen* panas tersebut menghalangi udara untuk berhubungan dengannya sehingga *filamen* tidak akan langsung rusak akibat teroksidasi. Lampu pijar dipasarkan dalam berbagai macam bentuk dan tersedia untuk tegangan (*voltase*) kerja yang bervariasi dari mulai 1,25 volt hingga 300 volt. Energi listrik yang diperlukan lampu pijar untuk menghasilkan cahaya yang terang lebih besar dibandingkan dengan sumber cahaya buatan lainnya seperti lampu pijar dan dioda cahaya, maka secara bertahap pada beberapa negara peredaran lampu pijar mulai dibatasi.



Gambar 2.13. Lampu indikator ^[16]

2.10 LCD (*Liquid Cristal Display*)

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah sebuah teknologi yang berfungsi sebagai penampil atau monitor . Modul LCD dengan tampilan 16x2, terdiri dari dua bagian. Pada bagian pertama merupakan panel LCD sebagai media untuk menampilkan informasi berbentuk huruf, simbol maupun angka. LCD 16x2 dapat menampung dua baris, dimana tiap baris dapat menampilkan 16 karakter. Bagian kedua merupakan rangkaian elektronika yang dibentuk dengan mikrokontroler, berada di balik panel LCD. Bagian ini mempunyai fungsi mengatur tampilan informasi serta berfungsi mengatur komunikasi LCD dengan mikrokontroler. Berikut ini konfigurasi LCD 2x16 serta penjelasannya:



Gambar 2.14. Konfigurasi LCD 2x16

Tabel 2.5. Konfigurasi LCD 2x16

Pin	<i>Symbols and Functions</i>
1	GND
2	VCC (+5V)
3	<i>Contrast Adjust</i>
4	(RS) == >> 0 = <i>Instruction input</i> / 1 = <i>Data input</i>
5	(R/W) == >> 0 = <i>Write to LCD Module</i> / 1 = <i>Read from LCD Module</i>
6	(E) == >> <i>Enable Signal</i>
7	(DB0) == >> <i>Data Pin 0</i>

8	(DB1) == >> Data Pin 1
9	(DB2) == >> Data Pin 2
10	(DB3) == >> Data Pin 3
11	(DB4) == >> Data Pin 4
12	(DB5) == >> Data Pin 5
13	(DB6) == >> Data Pin 6

Tabel 2.5. Konfigurasi LCD 2x16 (Lanjutan)

Pin	<i>Symbols and Functions</i>
14	(DB7) == >> Data Pin 7
15	(VB+) == >> <i>Back Light</i> (+5V)
16	(VB-) == >> <i>Back Light</i> (GND)

Berikut ini karakteristik dari LCD (16x2) :

1. Tampilan 16 karakter, 2 baris.
2. ROM pembangkit karakter 192 jenis.
3. RAM pembangkit karakter 8 jenis (di-program pemakai).
4. RAM data tampilan 80 x 8 bit (8 karakter).
5. *Duty ratio* 1/16.
6. RAM data tampilan dan RAM pembangkit karakter dapat dibaca dari unit mikro-prosesor.
7. Beberapa fungsi perintah antara lain adalah penghapusan tampilan (*display clear*), posisi krusor awal (*crusor home*), tampilan karakter kedip (*display character blink*), penggeseran krusor (*crusor shift*) dan penggeseran tampilan (*display shift*).
8. Rangkaian pembangkit detak (*clock*).
9. Rangkaian otomatis reset saat daya dinyalakan.
10. Catu daya tunggal +5 volt.

2.11 Relay

Relay adalah peralatan yang menggunakan elektromagnet dalam memberikan gaya untuk membuka atau menutup *switch*. Dengan kata lain, suatu *switch* dengan menggunakan tenaga listrik. Suatu *switch* atau *relay* pada saat keadaan tidak fiktif memiliki dua kondisi yaitu NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*). Dalam pemilihan suatu *relay* yang harus diperhatikan adalah kapasitas arusnya. *Relay* merupakan piranti control yang dapat berguna untuk menutup dan membuka kontak. *Relay* mekanis digunakan untuk menyambung atau memutuskan beban listrik. Proses *switching* ini dikontrol oleh rangkaian elektrik. *Relay magnetic* sering digunakan untuk mengontrol *relay* yang lain atau beban dengan daya yang kecil. Seringnya pengulangan membuka dan menutup, kontak dapat mengalami kerusakan akibat dari bunga api dan gesekan mekanis, sehingga bagian dari kontak tersebut dapat diganti dengan kontak yang baru. Hal ini sering terjadi terutama pada kontak *magnetic*. Material-material kontak yang sering digunakan adalah logam-logam khusus seperti Tembaga (Ag), Emas (Au), Platina (Pt), Nikel (Au-Ni) dan gabungan senyawa-senyawa seperti Ag-Au-Ni.



Gambar 2.15. *Relay DC* ^[18]

Sumber tegangan yang dipakai untuk dialirkan ke coil supaya terjadi gaya elektromagnetik adalah:

- **Sumber arus searah (DC)**

Standar tegangan untuk *relay DC* adalah 6, 12, 24, 48, dan 100 (volt). Kinerja *relay DC* lebih mantap karena kecepatan *switching relay DC* lebih rendah dibandingkan dengan *relay AC*

karena induktansi dari koil menekan kecepatan menaikkan arus. Kerugiannya adalah memerlukan catu daya DC yang khusus.

- **Sumber arus bolak balik (AC)**

Relay AC biasanya dieksitasi dengan sumber tegangan 100 atau 200 (V) dengan frekuensi 50 atau 60 (Hz). Pada arus bolak-balik panas dapat terjadi pada kumparan dan inti besi. Untuk catu tegangan yang lebih rendah dari tegangan minimum yang diijinkan akan terjadi desah dan kinerjanya tidak stabil. Untuk sumber daya arus searah (DC) lebih stabil artinya pada koil tidak terjadi getaran karena sumber DC tidak dipengaruhi oleh adanya frekuensi. Pada *relay* DC ini kontaktornya tidak bergetar sehingga mempunyai usia pakai yang lama. Untuk sumber daya arus bolak-balik (AC) kurang stabil sehingga terjadi *cattering* atau getaran pada kontaknya karena sumber daya AC pada koil yang mempunyai frekuensi yaitu antara 50 – 60 Hz.

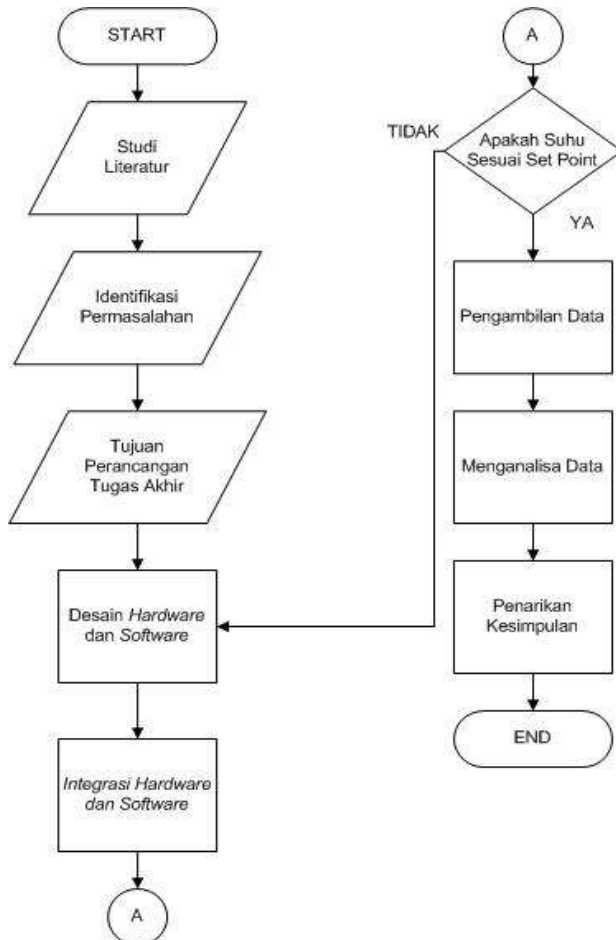
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Blok Diagram Perancangan Alat

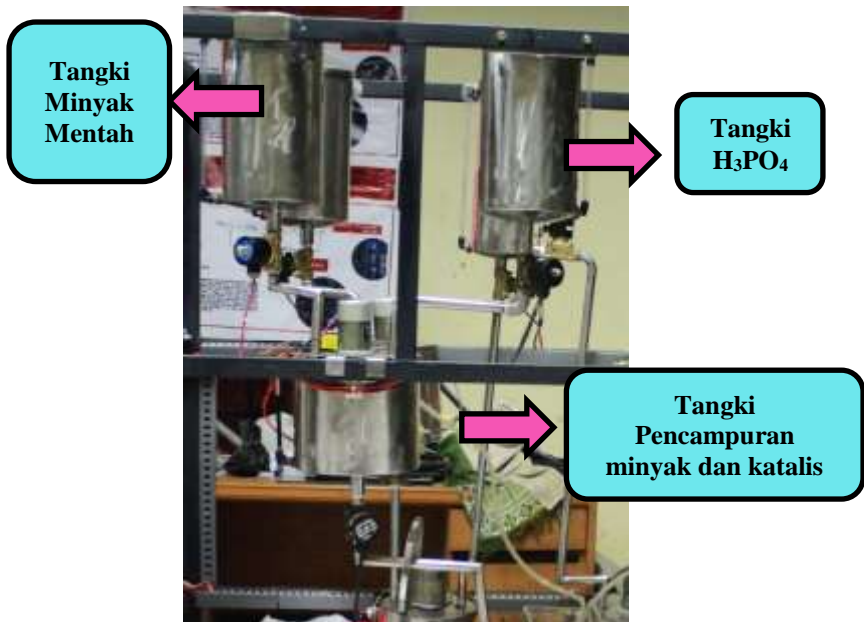
Konsep dasar perancangan dan pembuatan sistem pengendalian *temperature* dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut.



Gambar 3.1. Blok diagram perancangan dan pembuatan alat

3.2 Perancangan Sistem Pengendalian *Temperature* Pada unit *mixing* Pada Proses Degumming

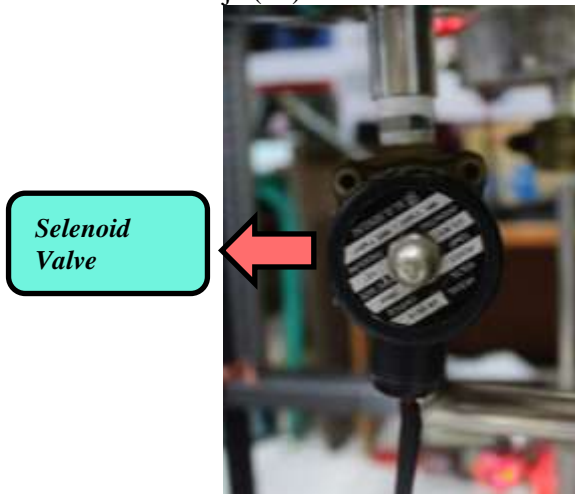
Pada perancangan sistem kontrol *plant temperature* pada unit *mixing* pada proses degumming, mengatur variabel kontrol yaitu *temperature*.



Gambar 3.2. Rancangan *Plant* Temperatur Pada Tangki Pencampuran

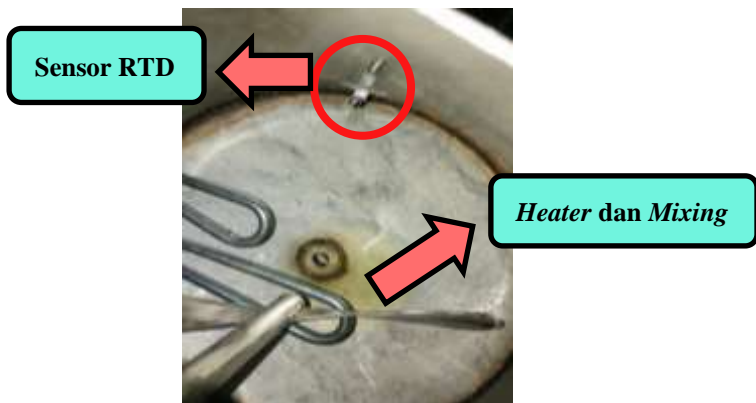
Pada proses degumming mini *plant biodiesel* menggunakan input dari larutan (campuran *methanol* dan H₃PO₄) dan minyak mentah yang nantinya akan masuk ke tangki *mixing*. Pada tangki *mixing* nantinya akan terjadi pencampuran (*methanol* H₃PO₄) dan minyak mentah yang kemudian akan dideteksi oleh sensor RTD. Sensor RTD pada *plant* ini terdapat 2 fungsi, yaitu berfungsi untuk memonitoring dan menampilkan temperatur pada tangki pencampuran serta untuk mengontrol kinerja *Solenoid Valve*,

ketika *Solenoid Valve* harus berhenti (*off*) dan ketika *Solenoid Valve* harus bekerja (*on*).



Gambar 3.3. *Solenoid Valve*

Setelah temperatur mencapai suhu 60°C maka solenoid pada tangki pencampuran akan on. Pada proses pencampuran degumming terdapat 3 buah solenoid yaitu solenoid 1 untuk tangki minyak nyamplung solenoid 2 untuk katalis dan solenoid 3 pada proses pencampuran

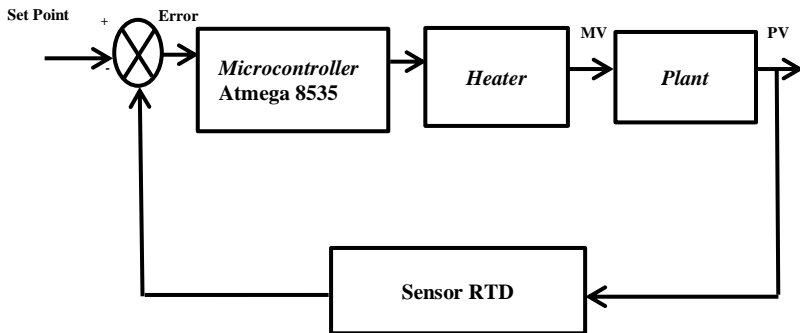


Gambar 3.4. Heater dan Mixer



Gambar 3.5 Sensor RTD PT 100

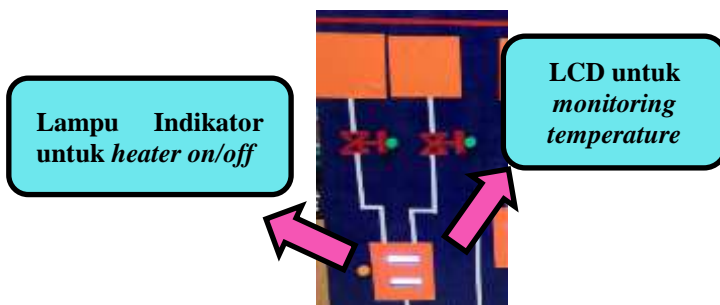
Dari sensor RTD akan mengirimkan sinyal berupa sinyal analog menuju *microcontroller* Atmega 8535 yang berfungsi sebagai *controller*. Pada *microcontroller* Atmega 8535, data dari sensor akan diolah menjadi sinyal digital (ADC). Kemudian output dari Atmega akan mengaktifkan relay dan mengalirkan output tegangan sesuai dengan tegangan input yang dibutuhkan oleh *heater* sehingga *heater* dapat menyala. Jika data yang masuk ke *microcontroller* Atmega 8535 lebih dari *set point* (60°C) maka *microcontroller* akan memerintahkan *heater* untuk berhenti (*off*), begitu juga sebaliknya. Jika data yang masuk ke *microcontroller* kurang dari *set point* (60°C) maka *microcontroller* akan memerintahkan *heater* untuk aktif (*on*). Rangkaian yang menyambungkan dari Atmega 8535 menuju *Heater* yaitu *comparator* dan *modul relay* yang berfungsi untuk mengalirkan tegangan yang dibutuhkan oleh *heater* (220VAC) sehingga *heater* dapat aktif. Selain itu, peningkatan temperatur yang terjadi pada tangki akan ditampilkan melalui LCD 2 x 16. Sensor RTD diletakkan di Pin Analog Output Atmega 8535, kemudian LCD diletakkan di Pin 1,2, Atmega 8535, serta *heater* sebagai aktuator yang diletakkan di pin 7. Berikut merupakan diagram blok pengendalian temperatur.



Gambar 3.5. Diagram Blok Pengendalian *Temperature*

3.3 Perancangan *Local Control Unit* (LCU)

Perancangan LCU ini terdiri dari 2 bagian yaitu perancangan *hardware* dan *software*. Untuk perancangan *hardware* dimulai dari rancangan *plant* pengendalian *temperature*, *power supply*, rancangan sensor pada *plant* pengendalian *temperature*, rangkaian *microcontroller* Atmega 8535 sebagai *controller*, rangkaian *modul relay* dan *relay*, dan penampilan data pada LCD. Untuk perancangan *software* dimulai dari perancangan *listing code* pada *software* Atmega. Berikut merupakan gambar LCU pada pengendalian *temperature* tangki pencampuran pada proses Degumming pada *mini plant biodiesel*.



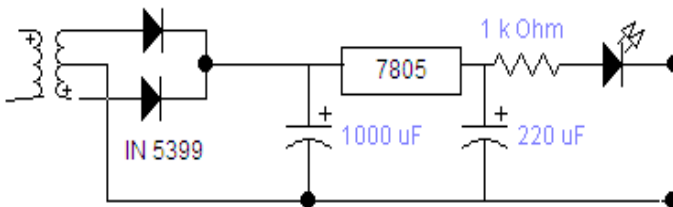
Gambar 3.6. LCU *Plant* Pengendalian *Temperature*

3.4 Perancangan *Hardware*

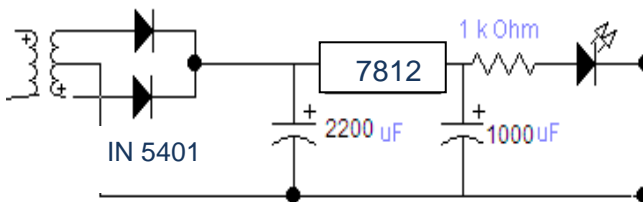
Dalam pembuatan *plant* pengendalian temperatur pada tangki perlu adanya perancangan *hardware* meliputi *power supply*, sensor, perancangan tangki, *microcontroller*, rangkaian *modul relay*, dan LCD.

3.4.1 Perancangan *Power Supply*

Dalam pembuatan rangkaian *power supply* terdapat beberapa komponen dalam perangkaian ini yaitu regulator yang mempunyai tegangan IC 7805 dan IC 7812. Regulator IC 7805 dan regulator IC 7812 dapat mengeluarkan tegangan 5 Volt dan 12 Volt DC. Untuk menghasilkan tegangan 5 Volt terdiri dari beberapa komponen yaitu, dioda IN 5399 yang merupakan dioda yang dapat melewatkan arus maksimal 2 A, kapasitor 1000 uF dan 220uF, serta IC 7805. Sedangkan dioda IN 5401 berfungsi untuk menghasilkan tegangan sebesar 12 Volt dengan arus maksimal 3 A. Selain itu, membutuhkan kapasitor 2200uF dan 1000uF, serta IC 7824. Dioda yang dipakai dalam rangkaian mempunyai fungsi yang spesifik yaitu untuk menjadikan sinyal AC sinusoidal yang melewatinya menjadi sinyal DC setengah gelombang (*half wave*).



Gambar 3.7. Rangkaian *Power Supply* 5 Volt

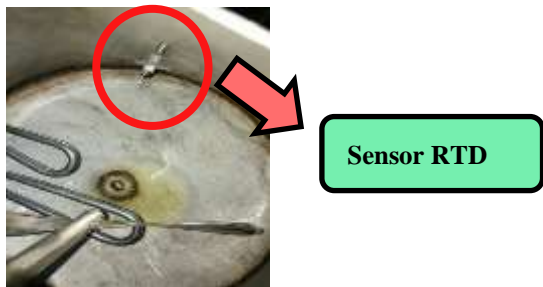


Gambar 3.8 Rangkaian *Power Supply* 12 Volt

Kapasitor mempunyai fungsi untuk memperhalus sinyal DC dari dioda. Kemudian sinyal DC keluaran dari kapasitor akan di masukkan ke IC 7805, 7812. Hasil keluaran dari IC 7805 dan 7812 adalah tegangan 5 Volt dan 12 Volt.

3.4.2 Perancangan Sensor RTD

Sensor RTD bekerja dengan cara sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan temperatur setiap temperatur 1 °C akan menunjukkan tegangan sebesar 10 mV. Prinsip kerja sensor RTD pada *plant* ini adalah ketika *temperature* yang dideteksi oleh sensor maka sensor RTD akan mengirimkan sinyal berupa sinyal *analog* menuju *microcontroller* Atmega 8535 yang berfungsi sebagai *controller*. Pada *microcontroller* Atmega 8535, data dari sensor akan diolah menjadi sinyal *digital* (ADC). Kemudian output dari akan mengaktifkan *relay* dan mengalirkan output tegangan sesuai dengan tegangan input yang dibutuhkan oleh *heater* sehingga *heater* dapat menyala. Untuk memperjelas rangkaian sensor RTD dapat dilihat gambar dibawah ini.



Gambar 3.9. Penempatan Sensor RTD

Sensor RTD berfungsi sebagai pendeteksi *temperature* tangki pencampuran (*mixing*) seperti pada gambar di atas dan ditampilkan pada LCD 2 X 16, sehingga *user* dapat mengetahui peningkatan dan penurunan *temperature* setiap detik atau menit. Selain itu, Sensor RTD berfungsi untuk mengontrol *on/off heater*. Output dari Sensor RTD akan masuk ke *microcontroller* sebagai

input. Dalam perancangan sensor RTD dilakukan 1 kali pemasangan dengan tidak dilakukan pergantian sensor karena pada sekali pemasangan sensor sudah benar dan tidak pernah rusak. Jika dibandingkan dengan termokopel sensor RTD memiliki linearitas yang lebih tinggi

3.4.3 *Modul relay*

Fungsi dari *modul relay* adalah untuk konversi dari output keluaran arduino uno menuju aktuator. Keluaran dari arduino adalah 5V DC sedangkan yang dibutuhkan *solenoid valve* adalah tegangan 220 AC. Maka dari itu dibutuhkan *modul relay* untuk mengkonversi dari 5V DC menjadi 220 AC. Cara kerjanya adalah dengan memberikan VCC (5V DC) dan *ground* untuk menyalakan *modul relay*. Jika sudah yang dibutuhkan untuk menggerakkan *modul relay* adalah 5V DC agar *relay* dapat berpindah dari NC menjadi NO.



Gambar 3.10. Rangkaian *Modul Relay*

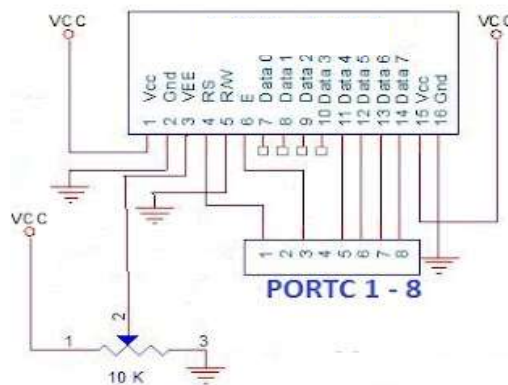
3.4.4 Perancangan *Display LCD (Liquid Crystal Display)*

LCD yang digunakan 2 baris x 16 kolom. LCD memiliki memori internal yang berisi definisi karakter sesuai dengan standar ASCII (CGROM – *Character Generator ROM*) dan memori sementara (RAM) yang bisa digunakan bila memerlukan karakter khusus (berkapasitas 8 karakter). RAM ini juga berfungsi untuk menyimpan karakter yang ingin ditampilkan di LCD.

Pin untuk LCD sendiri adalah pin pengisian data agar data dapat diterima dan diolah melalui *Microcontroller* ke LCD.

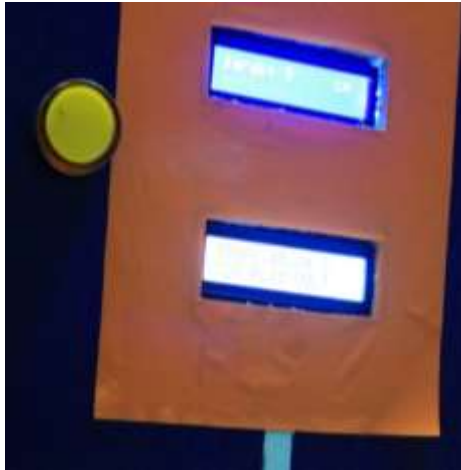
Sebelum data dibaca oleh LCD maka data diisi oleh RS. Untuk pemrograman mikrokontroler menggunakan software atmel ISP yang merupakan *software* untuk *download* ke mikrokontroler.

Program yang kita tulis dalam *notepad* harus disimpan dalam ekstensi .asm dan kemudian dikonversikan dalam bentuk bilangan heksadesimal yang secara otomatis akan mengoreksi error program. Bila *error* adalah nol maka program bisa di *download* menuju mikrokontroler.



Gambar 3.12. Koneksi LCD 2 X 16 ke *Microcontroller*

Berikut merupakan tampilan perancangan LCD pada uji Sensor RTD dimana pada rangkaian tersebut variabel temperatur yang ditampilkan.



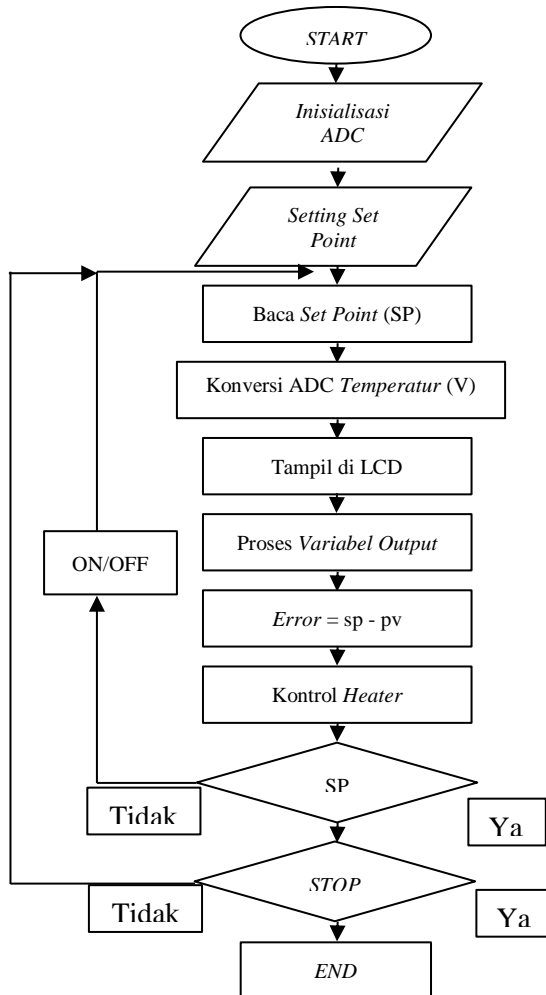
Gambar 3.13. Tampilan Perancangan LCD Pada Uji Coba Sensor RTD

3.5 Perancangan Perangkat Lunak *Software*

Perancangan *software* yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu *microcontroller* Atmega 8535 yang dipakai dan disesuaikan dengan kondisi *hardware* yang digunakan. *Software* yang dipakai terdiri dari beberapa bagian pokok, yaitu :

1. *Software* yang dipakai untuk pembacaan *microcontroller*.
2. *Software* yang digunakan untuk pembacaan output dari sensor oleh *microcontroller* yang digunakan sebagai pengolah data.
3. *Software* penampil ke LCD.

Perancangan *software* digunakan untuk mendukung kerja dari perangkat keras (*hardware*). Pada proses pembuatan listing program menggunakan *Software* Atmega.



Gambar 3.14. Diagram Alir Program

Diagram Alir diatas menjelaskan tentang perancangan *software* pada *microcontroller* Atmega 8535. Input dari ADC yang terdapat pada pin *analog read* yaitu dari *output* Sensor RTD. Kemudian dalam listing pemrograman dimasukkan *set point*

temperatur yang telah ditentukan. Pin *analog read* yang mempunyai fasilitas ADC akan membaca dan mengkonversi menjadi temperatur pada tangki sesuai *set point* yaitu *set point* dengan *range temperature* antara 60°C yang kemudian akan ditampilkan melalui LCD 2 x 16. Dengan adanya pengukuran temperatur pada tangki melalui Sensor RTD dan *microcontroller* Atmega 8535, data pengukuran yang dihasilkan akan terdapat *error* kemudian dibandingkan dengan temperatur yang sesuai dengan *set point*. Kemudian *microcontroller* Atmega 8535 sebagai *controller* akan bekerja dan mengendalikan *heater* dengan mode *on-off* berdasarkan *set point* tertentu.

3.6 Prosedur Operasional

Pada pengendalian *temperature* dalam proses transesterifikasi dibutuhkan tiga komponen penting, yaitu *controller* yang berupa Atmega 8535, RTD sebagai sensor, dan *heater* sebagai aktuator. Pengendalian temperatur akan berjalan sesuai dengan standar apabila proses pencampuran larutan minyak mentah dengan larutan campuran (*methanol* dan H_3PO_4) pada tangki *mixing* dapat berlangsung selama 1 jam (60 menit) sehingga temperatur harus terjaga dengan baik sesuai *set point*. Untuk mengendalikan temperatur agar selalu berada dalam *set point* maka dibutuhkan Sensor RTD yang terhubung pada Atmega 8535 sebagai *controller* untuk memberikan perintah dan mengendalikan aktuator dengan sistem *on/off*.

Apabila temperatur berada pada keadaan $>60^{\circ}\text{C}$ maka *controller* akan memberikan perintah untuk menghentikan *heater* dan sebaliknya, jika temperatur $<60^{\circ}\text{C}$ maka *controller* akan memberikan perintah untuk menyalakan *heater* kembali. Temperatur yang terjaga sesuai *set point* akan mempengaruhi pada konversi dari reaksi kimia pelarutan minyak biji nyamplung yang telah bereaksi dengan larutan (*methanol* dan H_3PO_4) menjadi metil ester (biodiesel) yang dihasilkan. Setelah proses degumming yang berlangsung selama 1 jam (60 menit) maka Atmega 8535 sebagai *controller* akan memberikan perintah pada *solenoid valve* untuk

aktif sehingga dapat membuka menuju proses selanjutnya yaitu proses pengendapan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

4.1 Pengujian Alat

Pada bab ini menjelaskan tentang pengujian alat pada tangki pencampuran. Setelah dilakukan perancangan dan pembuatan sistem pengendalian temperatur pada tangki pencampuran maka perlu dilakukan pengujian terhadap *hardware* dan *software* yang telah dibuat. Selanjutnya dilakukan analisa secara menyeluruh terhadap hasil pengujian. Pengujian ini perlu dilakukan untuk mengetahui performansi alat secara keseluruhan yaitu pada perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

Sistem kerja pada pengendalian temperatur proses degumming *mini plant biodiesel process* bertujuan untuk menjaga temperatur dalam tangki pencampuran degumming sesuai dengan *set point*. Pada pengendalian temperatur ini menggunakan sensor RTD (*temperature sensor*) untuk mendeteksi temperatur ruangan pada tangki pencampuran. Keluaran RTD berupa tegangan yang kemudian masuk ke ADC pada kaki pin mikrokontroler sebagai kontroler dari sistem pengendalian temperatur. Mikrokontroler inilah yang memberikan perintah *on/off* ke aktuator melalui *relay* yang telah terhubung ke *solenoid valve*. Ketika temperatur dalam ruangan melebihi *set point* temperatur sekitar 60°C maka kontroler akan mematikan *heater*. Sebaliknya ketika temperatur kurang dari *set point* maka kontroler akan mengaktifkan *heater*.

4.2 Pengujian Sistem

Pada pengujian sistem ini dilakukan dengan cara memberikan sinyal *input* yang berupa *Proses Variable (PV)* yaitu temperatur yang berasal dari *heater*. Pengujian sistem menggunakan *set point* yang telah ditentukan untuk mengetahui lama waktu proses pencampuran larutan minyak dan larutan (*methanol* dan H_3PO_4). Berikut adalah pengujian sistem pada unit pencampuran dengan

pengukuran perubahan temperatur yang terjadi dimulai dari temperatur ruangan sampai menuju *set point* sebesar 60°C.

Tabel 4.1. Pengukuran Temperatur Pada *Set point* 60°C

NO	<i>Set point</i> (°C)	<i>Temperature</i> (°C)	<i>Waktu</i> (menit)
1	60	30,00	0
2	60	35,92	1
3	60	38,62	2
4	60	43,29	3
5	60	47,64	4
6	60	48,53	5
7	60	52,26	6
8	60	53,04	7
9	60	54,11	8
10	60	55,14	9
11	60	56,08	10
12	60	57,15	11
13	60	59,16	12
14	60	60,11	13
15	60	60,17	14
16	60	60,07	15
17	60	60,12	16
18	60	60,17	17
19	60	60,12	18
20	60	60,17	19
21	60	60,08	20
22	60	60,10	21
23	60	60,16	22
24	60	60,13	23
25	60	60,17	24
26	60	60,10	25
27	60	60,07	26
28	60	60,17	27
29	60	60,12	28

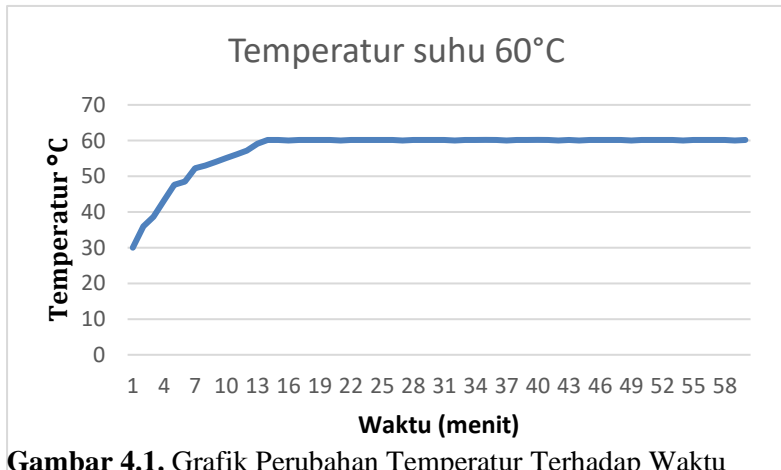
Tabel 4.1. Pengukuran Temperatur Pada *Set point* 60°C
(Lanjutan)

NO	<i>Set point</i> (°C)	<i>Temperature</i> (°C)	Waktu (menit)
30	60	60,18	29
31	60	60,10	30
32	60	60,07	31
33	60	60,16	32
34	60	60,12	33
35	60	60,19	34
36	60	60,12	35
37	60	60,07	36
38	60	60,15	37
39	60	60,10	38
40	60	60,19	39
41	60	60,13	40
42	60	60,09	41
43	60	60,14	42
44	60	60,09	43
45	60	60,17	44
46	60	60,14	45
47	60	60,11	46
48	60	60,14	47
49	60	60,08	48
50	60	60,15	49
51	60	60,16	50
52	60	60,11	51
53	60	60,17	52
54	60	60,07	53
55	60	60,12	54
56	60	60,17	55
57	60	60,12	56
58	60	60,17	57
59	60	60,08	58
60	60	60,10	59

Tabel 4.1. Pengukuran Temperatur Pada *Set point* 60°C
(Lanjutan)

NO	<i>Set point</i> (°C)	<i>Temperature</i> (°C)	Waktu (menit)
61	60	60,18	60
62	60	60,10	61
63	60	60,07	62
64	60	60,16	63
65	60	60,12	64
66	60	60,19	65
67	60	60,12	66
68	60	60,07	67
69	60	60,15	68
70	60	60,10	69
71	60	60,19	70
72	60	60,13	71
73	60	60,09	72

Dari tabel diatas telah dilakukan pengujian pada plant tangki pencampuran dengan memberikan *set point* dengan temperatur yang telah ditentukan yaitu 60°C. Dengan cara mengukur perubahan temperatur yang terdapat pada tangki pencampuran dengan menggunakan sensor RTD PT 100 sebagai pendeteksi temperatur dalam cairan tangki pencampuran larutan minyak dan campuran (H_3PO_4 dan *methanol*) dan telah menghasilkan waktu kurang lebih 1 jam (60 menit). Dengan begitu akan mudah untuk mengatur dua aktuatur yaitu *heater*. Apabila temperatur berada pada keadaan >60°C akan menghentikan *heater* dan jika temperatur <60°C akan menyalakan *heater* kembali. Proses degumming berlangsung selama 1 jam sehingga temperatur harus berada dalam *set point* dan setelah 1 jam *solenoid valve* akan aktif untuk membuka menuju proses selanjutnya yaitu proses pengendapan.



Gambar 4.1. Grafik Perubahan Temperatur Terhadap Waktu Pada *set point* 60 °C

Pada data di atas merupakan uji sistem dengan *set point* 60°C. Temperatur awal sebesar 30°C sampai dengan 60°C. Pada tabel diatas diketahui pula *ts* (*setling time*) pada sistem membutuhkan 13 menit untuk mencapai *set point*. Untuk menghasilkan larutan yang tercampur dengan *set point* 60°C dibutuhkan 1 jam (60 menit) dengan pengambilan data sebanyak 73 kali.:

Pada grafik diatas dapat diketahui data *ess* (*error steady state*) yaitu (*Output – set point*) sebagai berikut :

Tabel 4.5. Tabel Data Error (*ess*) dengan *Set point* 60°C

Data ke-	<i>Set point</i> (°C)	<i>Temperature</i> (°C) Pembacaan	<i>Ess</i> (Pembacaan <i>Set point</i>)
11	60	60,08	-0,08
12	60	60,15	-0,15
13	60	60,16	-0,16
14	60	60,11	-0,11
15	60	60,17	-0,17
16	60	60,07	-0,07
17	60	60,12	-0,12
18	60	60,17	-0,17
19	60	60,12	-0,12
20	60	60,17	-0,17
21	60	60,08	-0,08

22	60	60,10	-0,10
23	60	60,16	-0,16
24	60	60,13	-0,13
25	60	60,17	-0,17
26	60	60,10	-0,10
27	60	60,07	-0,07
28	60	60,17	-0,17
29	60	60,12	-0,12
30	60	60,18	-0,18
31	60	60,10	-0,10
32	60	60,07	-0,07
33	60	60,16	-0,16
34	60	60,12	-0,12
35	60	60,19	-0,19
36	60	60,12	-0,12
37	60	60,07	-0,07
38	60	60,15	-0,15
39	60	60,10	-0,10
40	60	60,19	-0,19
41	60	60,13	-0,13
42	60	60,09	-0,09
43	60	60,14	-0,14
44	60	60,09	-0,09
45	60	60,17	-0,17
46	60	60,14	-0,14
47	60	60,11	-0,11
48	60	60,14	-0,14
49	60	60,08	-0,08
50	60	60,15	-0,15
51	60	60,16	-0,16
52	60	60,11	-0,11
53	60	60,17	-0,17
54	60	60,07	-0,07
55	60	60,12	-0,12
56	60	60,17	-0,17

57	60	60,12	-0,12
58	60	60,17	-0,17
59	60	60,08	-0,08
60	60	60,10	-0,10
56	60	60,17	-0,17
57	60	60,12	-0,12
58	60	60,17	-0,07
59	60	60,08	-0,08
60	60	60,10	-0,10
61	60	60,18	-0,18
62	60	60,10	-0,10
63	60	60,07	-0,07
64	60	60,16	-0,16
65	60	60,12	-0,12
66	60	60,19	-0,19
67	60	60,12	-0,12
68	60	60,07	-0,07
69	60	60,15	-0,15
70	60	60,10	-0,10
71	60	60,19	-0,19
72	60	60,13	-0,13
73	60	60,09	-0,09
Rata-rata <i>ess</i>			-0,13

4.2.5 Perhitungan Akurasi

Akurasi yaitu keterdekatan hasil pengukuran alat ukur terhadap harga sebenarnya. Perhitungan akurasi menggunakan rumus sebagai berikut :

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\% \quad (4.1)$$

dengan :

A = Akurasi
 Y_n = Nilai Sebenarnya

X_n = Nilai Pengukuran

Tabel 4.8. Data perhitungan akurasi

No.	Hasil Pengukuran		Perhitungan Akurasi
	Pembacaan RTD (°C)	Pembacaan Termometer (°C)	
1	35	33	93,94 %
2	36	35	97,22 %
3	40	38	95,00 %
4	42	40	95,24 %
5	50	50	100 %
6	55	55	100 %
7	57	60	96,92 %
Rata-rata akurasi relatif			96,90 %

4.2.6 Perhitungan Maximum Overshoot (Mp%)

Maximum Overshoot adalah nilai puncak (*peak*) dari kurva respon yang diukur dari satu. Perhitungan untuk maximum overshoot adalah sebagai berikut :

$$Mp = 1 - \left| \frac{C_p - C}{C} \right| \times 100\% \quad (4.2)$$

dengan :

M_p = Maximum Overshoot

C_p = Nilai *peak* maksimum

C = Nilai Set point

Maka dari rumus diatas dapat diketahui bahwa nilai dari maksimum overshoot yaitu 0.3% dengan C sebesar 60°C dan C_p sebesar 60°C.

4.3 Analisa Data

Pada rancang bangun sistem pengendalian *temperature* dalam proses degumming pada *mini plant* biodiesel proses ini pengujian sistem menggunakan *set point* yang berbeda-beda untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam proses pencampuran antara larutan minyak biji nyamplung dan katalis (*methanol* dan

H₃PO₄) yaitu dengan *set point* 60°C. Pengambilan data dilakukan dengan mengamati perubahan *temperature* setiap 1 menit sekali.

Pada pengujian sistem dengan *set point* 60°C dibutuhkan waktu selama 13 menit untuk mencapai *set point* dan dibutuhkan waktu 1 jam (60 menit) untuk proses pencampuran larutan. Selain itu, dapat pula ditentukan karakteristik respon sistem pengendalian dengan rata-rata *ess (error steady state)* yaitu (*Output – Set point*) -0,13 *setling time* sebesar 13 menit dan Maximum overshoot sebesar 0,13% .

Berdasarkan data hasil pengujian sistem yang dilakukan menunjukkan bahwa variabel *temperature* pada proses degumming merupakan faktor yang sangat penting untuk dikontrol sehingga *temperature* harus berada dalam *set point*. *Temperature* yang digunakan bukan *temperature* maksimum reaksi, melainkan *temperature* optimum reaksi. *Temperature* optimum yang digunakan pada proses degumming adalah pada *set point* 60°C yang dapat menghasilkan pencampuran larutan katalis dan minyak dengan baik dan dapat diketahui dengan adanya larutan glycerin yang berwarna putih berlendir. Semakin tinggi temperatur maka akan semakin cepat proses pelarutan minyak dan katalis untuk menghilangkan getah. Pada perhitungan akurasi sistem didapatkan bahwa sistem mempunyai akurasi sebesar 96,90%.

Kendala yang didapatkan dalam pengujian data adalah kurangnya ilmu tentang proses kimiawi yang terjadi, serta beberapa permasalahan mekanik dan elektrik seperti beberapa trouble yang diakibatkan oleh kabel yang rusak serta mekanik karena banyaknya aktuator yang ada.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada Tugas Akhir ini dapat disimpulkan bahwa:

- Telah dirancang alat pengendalian temperatur dengan menggunakan sensor temperatur RTD, mikrokontroler Atmega 8535 sebagai kontroler serta *solenoid valve* dan *heater* sebagai aktuator.
- Pada hasil percobaan dengan *set point* 60°C diperoleh karakteristik respon sistem pengendalian dengan *settling time (ts)* selama 13 menit, rata-rata *error steady state (ess)* sebesar -0,13 dan maximum overshoot sebesar 0,3%.
- Temperatur optimum yang digunakan untuk proses degumming adalah pada *set point* 60°C karena dapat menghasilkan pencampuran larutan minyak dan katalis dengan baik. Sistem pengendalian temperatur larutan pencampuran minyak dan katalis (H_3PO_4 dan *methanol*) mempunyai akurasi sebesar 96,90 %.
- Telah berhasil dilakukan pengendalian temperatur dengan *set point* 60°C selama 1 jam (60 menit).

5.2 Saran

Pada tugas akhir sistem pengendalian temperature pada larutan pencampuran minyak dan katalis (H_3PO_4 dan *methanol*) terdapat beberapa saran yang dapat berguna untuk kedepannya antara lain adalah :

- Dapat ditambahkan *SIS (Safety Instrumented System)* untuk mengetahui bahwa larutan dapat menghilangkan *gum* atau getah dalam pencampuran serta memberikan pengaman agar temperatur dapat terjaga dengan waktu yang ditentukan.
- Kalibrasi sensor sebelum pemasangan
- Check kabel yang akan digunakan untuk wiring agar tidak terjadi trouble karena kabel.

- Mempelajari reaksi kimia yang terjadi serta perhitungan untuk larutan yang akan digunakan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Energi Dan Sumber Daya Mineral. 2008. *Biji Nyamplung sebagai Sumber Energi Alternatif*. (Online) (www.esdm.go.id). Diakses pada tanggal 10 Oktober 2010).
- [2] Joker, D. 2004. *Calophyllum inophyllum L. Seed Leaflet No 87 Agustus 2004*. Forest & Landscape Denmark. Denmark.
- [3] Kurnaidi, M. Dan Hasani, A. 1996. *Studi Pembuatan Karbon Aktif dari arang kayu. Prosiding pemaparan Hasil Litbang Ilmu Pengetahuan teknik*. Bandung. 14-16 Oktober 1996. Pp 123-129.
- [4] Mashyud. 2008. *Tanaman Nyamplung Berpotensi sebagai Energi Biofuel*. Kepala Pusat Informasi Kehutanan. Departemen Kehutanan.
- [5] Puspitahati dan E. Saleh. 2008. *Modifikasi Alat Pengering Tipe Plat Berongga Dengan Menggunakan Sumber Energi Minyak Nyamplung*. Laporan Penelitian Dana Dikti. Unsri.
- [6] Sari, M.N. 2011. *Penggunaan Minyak Nyamplung (Callophyllum Inophylum) Sebagai Sumber Energi Pengeringan Kunyit (Curcuma Domestic)*. Skripsi S1. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- [7] Dfrobot. 2012. *DHTI Temperature and humidity sensor*, <http://www.darysiupats.lt/dht11-temperature-and-humidity-sensor.html>, di akses pada tanggal 17 Oktober 2013
- [8] Voight, R, 1977, *Buku Pelajaran Teknologi Farmasi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [9] Susanto,Dimas., 2009. “Pemrograman Mikrokontroller AVR ATmega8535 dan LCD Board 2x16”. Bandung.

- [10] Ghozali Lutfi Eko., 2013. “Rancang Bangun Sistem Level Dan Pressure Steam Generator Pada Simulator Mixing Process di Workshop Instrumentasi”. **Jurnal Teknik POMITS** Volume 2, No 1, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya.
- [11] Tanpa Nama. Tanpa Tahun. **Biodiesel Dari Minyak Nabati**, <<http://che.unsyiah.ac.id/wpcontent/uploads/sites/4/2014/01/Biodiesel-Dari-Minyak-Nabati.pdf>>.
- [12] <http://depokinstruments.com/2010/08/09/produk-baru-di-wlm35ts-di-waterproof-lm35-temperature-sensor/> [ONLINE]
- [13] <http://id.prmob.net/solenoida/katup/solenoid-valve-917220.html> [ONLINE]
- [14] Tanpa Nama. Tanpa Tahun. **Bab II Landasan Teori**, <<http://library.binus.ac.id/eColls/eThesisdok/Bab2/2011-2-01650-SK%20Bab2001.pdf>>.
- [15] Malvino., 1996. “Prinsip-Prinsip Elektroniks”. Jakarta, Erlangga.
- [16] Gunterus, Frans., 1997. “Falsafah Dasar Sistem Pengendalian Proses”. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1997.
- [17] https://id.wikipedia.org/wiki/Lampu_pijar [ONLINE]
- [18] Wicaksono, Handy., Tanpa Tahun. “*Relay-Prinsip dan Aplikasi*”, Teknik Elektro. Universitas Kristen Petra.

DATA SHEET MICROCONTROLLER ATMEGA 8535

Features

- High-performance, Low-power AVR[®] 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 130 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
 - 8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - 512 Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 512 Bytes Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels for TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x for TQFP Package Only
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-lead PLCC, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega8535L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega8535
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega8535L
 - 0 - 16 MHz for ATmega8535



**8-bit AVR[®]
Microcontroller
with 8K Bytes
In-System
Programmable
Flash**

**ATmega8535
ATmega8535L**

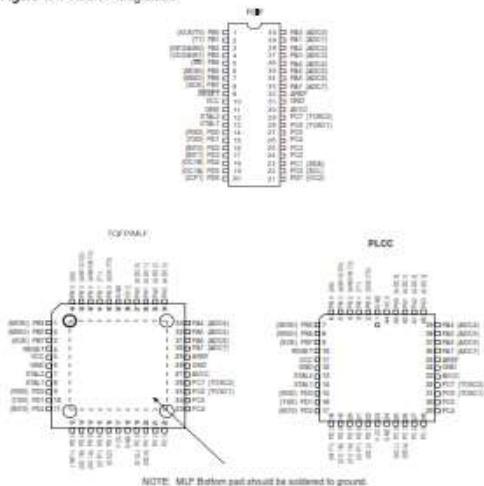
2552P-AVR-10/08





Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega8535



Disclaimer

Typical values contained in this data sheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

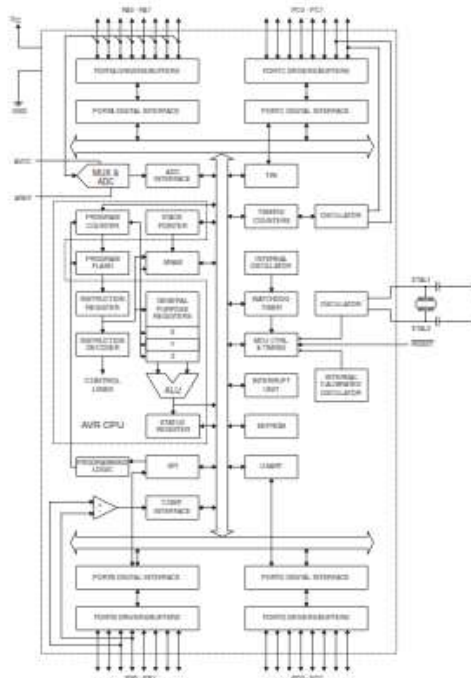
ATmega8535(L)

Overview

The ATmega8535 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing instructions in a single clock cycle, the ATmega8535 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram





The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega8535 provides the following features: 8K bytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 512 bytes EEPROM, 512 bytes SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, three flexible Timer/Counters with compare modes, internal and external interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain in TQFP package, a programmable Watchdog Timer with internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except asynchronous timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the asynchronous timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed In-System through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega8535 is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATmega8535 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, In-Circuit Emulators, and evaluation kits.

AT90S8535 Compatibility

The ATmega8535 provides all the features of the AT90S8535. In addition, several new features are added. The ATmega8535 is backward compatible with AT90S8535 in most cases. However, some incompatibilities between the two microcontrollers exist. To solve this problem, an AT90S8535 compatibility mode can be selected by programming the 8535C fuse. ATmega8535 is pin compatible with AT90S8535, and can replace the AT90S8535 on current Printed Circuit Boards. However, the location of fuse bits and the electrical characteristics differs between the two devices.

AT90S8535 Compatibility Mode

Programming the 8535C fuse will change the following functionality:

- The timed sequence for changing the Watchdog Time-out period is disabled. See "Timed Sequences for Changing the Configuration of the Watchdog Timer" on page 45 for details.
- The double buffering of the USART Receive Register is disabled. See "AVR USART vs. AVR UART - Compatibility" on page 146 for details.

ATmega8535(L)

Pin Descriptions

V_{CC}	Digital supply voltage.
GND	Ground.
Port A (PA7..PA0)	<p>Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.</p> <p>Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
Port B (PB7..PB0)	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port B also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 60.</p>
Port C (PC7..PC0)	<p>Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
Port D (PD7..PD0)	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 64.</p>
RESET	Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 37. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.
XTAL1	Input to the Inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.
XTAL2	Output from the Inverting Oscillator amplifier.
AVCC	AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V _{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V _{CC} through a low-pass filter.
AREF	AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.



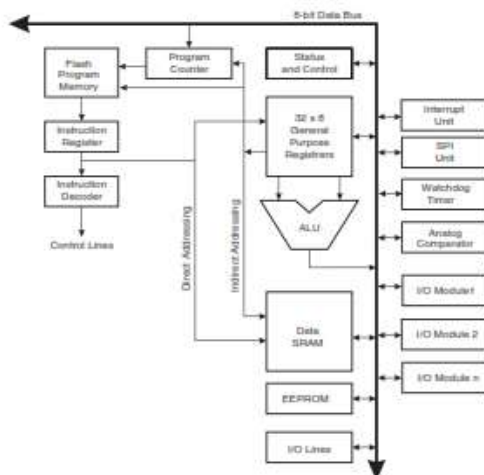
AVR CPU Core

Introduction

This section discusses the AVR core architecture in general. The main function of the CPU core is to ensure correct program execution. The CPU must therefore be able to access memories, perform calculations, control peripherals, and handle interrupts.

Architectural Overview

Figure 3. Block Diagram of the AVR MCU Architecture



In order to maximize performance and parallelism, the AVR uses a Harvard architecture – with separate memories and buses for program and data. Instructions in the program memory are executed with a single level pipelining. While one instruction is being executed, the next instruction is pre-fetched from the program memory. This concept enables instructions to be executed in every clock cycle. The program memory is In-System Re-Programmable Flash memory.

The fast-access Register File contains 32 x 8-bit general purpose working registers with a single clock cycle access time. This allows single-cycle Arithmetic Logic Unit (ALU) operation. In a typical ALU operation, two operands are output from the Register File, the operation is executed, and the result is stored back in the Register File – in one clock cycle.

ATmega8535(L)

Six of the 32 registers can be used as three 16-bit indirect address register pointers for Data Space addressing – enabling efficient address calculations. One of these address pointers can also be used as an address pointer for look up tables in Flash program memory. These added function registers are the 16-bit X-, Y-, and Z-registers, described later in this section.

The ALU supports arithmetic and logic operations between registers or between a constant and a register. Single register operations can also be executed in the ALU. After an arithmetic operation, the Status Register is updated to reflect information about the result of the operation.

Program flow is provided by conditional and unconditional jump and call instructions, able to directly address the whole address space. Most AVR instructions have a single 16-bit word format. Every program memory address contains a 16- or 32-bit instruction.

Program Flash memory space is divided in two sections, the Boot Program section and the Application Program section. Both sections have dedicated Lock bits for write and read/write protection. The SPM instruction that writes into the Application Flash memory section must reside in the Boot Program section.

During interrupts and subroutine calls, the return address Program Counter (PC) is stored on the Stack. The Stack is effectively allocated in the general data SRAM, and consequently the Stack size is only limited by the total SRAM size and the usage of the SRAM. All user programs must initialize the SP in the reset routine (before subroutines or interrupts are executed). The Stack Pointer SP is read/write accessible in the I/O space. The data SRAM can easily be accessed through the five different addressing modes supported in the AVR architecture.

The memory spaces in the AVR architecture are all linear and regular memory maps.

A flexible Interrupt module has its control registers in the I/O space with an additional Global Interrupt Enable bit in the Status Register. All interrupts have a separate interrupt Vector in the Interrupt Vector table. The interrupts have priority in accordance with their Interrupt Vector position. The lower the Interrupt Vector address, the higher the priority.

The I/O memory space contains 64 addresses for CPU peripheral functions as Control Registers, SPI, and other I/O functions. The I/O Memory can be accessed directly, or as the Data Space locations following those of the Register File, 0x20 - 0x2F.

ALU – Arithmetic Logic Unit

The high-performance AVR ALU operates in direct connection with all the 32 general purpose working registers. Within a single clock cycle, arithmetic operations between general purpose registers or between a register and an immediate are executed. The ALU operations are divided into three main categories – arithmetic, logical, and bit-functions. Some implementations of the architecture also provide a powerful multiplier supporting both signed/unsigned multiplication and fractional format. See the "Instruction Set" section for a detailed description.

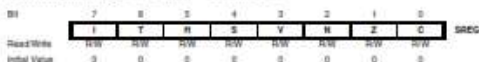


Status Register

The Status Register contains information about the result of the most recently executed arithmetic instruction. This information can be used for altering program flow in order to perform conditional operations. Note that the Status Register is updated after all ALU operations, as specified in the Instruction Set Reference. This will, in many cases, remove the need for using the dedicated compare instructions, resulting in faster and more compact code.

The Status Register is not automatically stored when entering an interrupt routine and restored when returning from an interrupt. This must be handled by software.

The AVR Status Register – SREG – is defined as:



• Bit 7 – I: Global Interrupt Enable

The Global Interrupt Enable bit must be set for the interrupts to be enabled. The individual interrupt enable control is then performed in separate control registers. If the Global Interrupt Enable Register is cleared, none of the interrupts are enabled independent of the individual interrupt enable settings. The I-bit is cleared by hardware after an interrupt has occurred, and is set by the RETI instruction to enable subsequent interrupts. The I-bit can also be set and cleared by the application with the SEI and CLI instructions, as described in the instruction set reference.

• Bit 6 – T: Bit Copy Storage

The Bit Copy Instructions BLD (Bit Load) and BST (Bit Store) use the T-bit as source or destination for the operated bit. A bit from a register in the Register File can be copied into T by the BST instruction, and a bit in T can be copied into a bit in a register in the Register File by the BLD instruction.

• Bit 5 – H: Half Carry Flag

The Half Carry Flag H indicates a Half Carry in some arithmetic operations. Half carry is useful in BCD arithmetic. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

• Bit 4 – S: Sign Bit, $S = N \oplus V$

The S-bit is always an exclusive or between the Negative Flag N and the Two's Complement Overflow Flag V. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

• Bit 3 – V: Two's Complement Overflow Flag

The Two's Complement Overflow Flag V supports two's complement arithmetics. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

• Bit 2 – N: Negative Flag

The Negative Flag N indicates a negative result in an arithmetic or logic operation. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

• Bit 1 – Z: Zero Flag

The Zero Flag Z indicates a zero result in an arithmetic or logic operation. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

• Bit 0 – C: Carry Flag

The Carry Flag C indicates a carry in an arithmetic or logic operation. See the "Instruction Set Description" for detailed information.

LAMPIRAN B

TF101G3
-50°C...+200°C
mit Gewinde



Platinum resistance temperature sensor on ceramic substrate built into a M8 brass threaded bush, especially suitable for being screwed into metal, e.g. for monitoring temperature of heat sinks or heating plates.
Please note that there will be a measuring error due to the design, as the sensor can lose heat via the connection strand.
Cable length: 2000 mm
Weight: 21 g.
(Dimensions see Dimension illustrations)

Order number: 3 wire **T223143**

TF101ZG2
-50°C...+200°C



Platinum resistance temperature sensor built into steel tube V4A, 1/2 inch, suitable for installation in pipes.
Thermal response time T_{90} in the air 255 s, in water 45 s.
Suitable for transmission in 2- or 3-wire technique.
Weight 120 g
(Dimensions see Dimension illustrations)

Order numbers:
110 mm insertion depth **T223137**

TF101R
-20...+70°C



Sensor for measuring ambient temperatures inside or outside.
Protection class IP 54. Cabling can be connected in 2- or 3- wire technique.
Housing W x H x D = 65 x 50 x 38 mm
Weight: app. 70 g

Order number: **T223066**

Technical Data

Nominal resistance
Temperature coefficient
Class B, DIN 43 760
Test voltage
Extension leads
Shrink sleeve
Measuring range

100 Ω at 0 °C
 $3,85 \times 10^{-3}/K$ (see table)
 $\Delta\theta = \pm (0,3 + 0,005 \theta)$ [°C]
2,5 kV AC (not TF101N)
PTFE; silver-plated stranded copper wire 0,14 mm²
Kynar
-50°C...+170 °C permanent
200 °C max. 170 h

Cabling

ZIEHL thermostats of TR series are generally insensitive to interference in the sensor line. Occasionally, however, undesirable switching is unavoidable, especially when temperature is near the switching point. For this reason it is highly recommended that cables are not laid parallel to power current lines over long distances. When appropriate, cables should be screened or twisted together.

Line-resistance

With RTD sensors the resistance of the connecting cable should be considered, otherwise there is an measuring error. The resistance must be compensated. The resistance of a connecting cable can be calculated as follows:

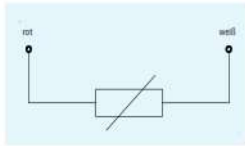
$$R [\Omega] = 2 \times l (k \times A),$$

l = cable length [m],
 k = conductivity [$S \times m/mm^2$] e.g. Cu = 56,
 A = cross sectional area [mm²]

For example copper-wire: $l = 50$ m, cross sectional area 1 mm²: $R = 2 \times 50(56 \times 1) = 1,79 \Omega$. Resulting error = $1,79 \Omega / 0,385 \Omega \times K = 4,6 K$.

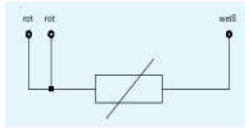
LAMPIRAN B

Linecompensation



2-wire technique

With 2-wire connection the line resistance is compensated for by a potentiometer in the thermostat, by programming (e.g. TR122D, TR600) or via wiring an external resistor. The advantage of the possibly simpler and more economical running of just two wires is counteracted by the disadvantage of the manual compensation required in the case of longer wiring. Differences in resistance caused by temperature changes cannot be compensated.



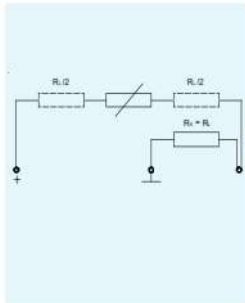
3-wire technique

With 3-wire connection, a third wire (sense) connected to the sensor registers the drop in voltage in one line. For compensation of line resistance it is assumed that the voltage drop in the second line is identical (i.e. the same wire and same wire temperature). Compensation is then performed automatically. Possible changes of resistance in the line due to temperature changes are also compensated for.



4-wire technique

With 4-wire connection, impressed current flows via two wires to the sensor. Via a two sensor line the drop in voltage is measured directly at the sensor. Possible differences in the sensor connection wiring can be disregarded. A disadvantage is the higher costs involved in running 4 wires.



Kombination of 2- and 3-wire technique

When connecting 2-wire-sensors to units with 3-wire input, the line resistance can be compensated by connecting a compensation resistor (R_K) between ground and sense-input. R_K must have the same value as the resistance of the line. The sensor then has to be connected to the + and the sense-input. R_K must be lower than the permitted resistance for 1 line of the 3-wire-input.

Units requiring 3-wire configurations can also be operated by 2-wire sensors. The sensor input is simply shortened. The line resistance need not be compensated.

3-wire sensors can be used as 2-wire sensors, simply by omitting one wire.

2-wire sensors can be branched at any desired position in a 3 or 4-wire connection system. In this case though, the line resistance of the two wires from the branching point to the sensor is not compensated.

ZIEHL thermostats, series TR are designed for use with 2 or 3-wire connection.

Basic values in Ω for measuring resistors Pt 100 according to DIN/ IEC 751

$^{\circ}\text{C}$	Ω	$^{\circ}\text{C}$	Ω	$^{\circ}\text{C}$	Ω	$^{\circ}\text{C}$	Ω	$^{\circ}\text{C}$	Ω	$^{\circ}\text{C}$	Ω
-200	18,52	0	100,00	200	175,86	400	247,09	600	313,71	800	375,70
-190	22,83	10	103,90	210	179,53	410	250,53	610	316,92	810	378,68
-180	27,10	20	107,79	220	183,19	420	253,96	620	320,12	820	381,65
-170	31,34	30	111,67	230	186,84	430	257,38	630	323,30	830	384,60
-160	35,54	40	115,54	240	190,47	440	260,78	640	326,48	840	387,55
-150	39,72	50	119,40	250	194,10	450	264,18	650	329,64	850	390,48
-140	43,86	60	123,24	260	197,71	460	267,56	660	332,79		
-130	48,00	70	127,08	270	201,31	470	270,93	670	335,93		
-120	52,11	80	130,90	280	204,90	480	274,29	680	339,06		
-110	56,19	90	134,71	290	208,48	490	277,64	690	342,18		
-100	60,26	100	138,51	300	212,05	500	280,98	700	345,28		
- 90	64,30	110	142,29	310	215,61	510	284,30	710	348,38		
- 80	68,33	120	146,07	320	219,15	520	287,62	720	351,46		
- 70	72,33	130	149,83	330	222,68	530	290,92	730	354,53		
- 60	76,33	140	153,58	340	226,21	540	294,21	740	357,59		
- 50	80,31	150	157,33	350	229,72	550	297,49	750	360,64		
- 40	84,27	160	161,06	360	233,21	560	300,75	760	363,67		
- 30	88,22	170	164,77	370	236,70	570	304,01	770	366,70		
- 20	92,16	180	168,48	380	240,18	580	307,25	780	369,71		
- 10	96,09	190	172,17	390	243,64	590	310,49	790	372,71		

LAMPIRAN B

Pt1000-Temperature-Sensor

The Pt1000 sensor is the "big brother" of the Pt100 sensor. Its nominal resistance at 0°C is 1000 Ω . Resistance values of the whole series are higher by a factor of 10. The sensor is used in the same way as the Pt100 sensor. Its dimensions are slightly larger (4 x 5 un-insulated). Thermostats and sensors for Pt1000 on request.

Pt1000 resistance table

values see Pt100, multiplied by the factor of 10.

LAMPIRAN B

LAMPIRAN CODING ARTHA

```
/******  
*
```

This program was produced by the
CodeWizardAVR V2.05.3 Standard
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2011 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Project :
Version :
Date : 7/8/2017
Author : Anak Agung Yuniartha
Company :
Comments:

Chip type : ATmega8535
Program type : Application
AVR Core Clock frequency: 8.000000 MHz
Memory model : Small
External RAM size : 0
Data Stack size : 128

```
*****
```

```
/
```

```
#include <mega8535.h>  
#include <stdio.h>  
#include <delay.h>  
#include <stdlib.h>
```

```
// Alphanumeric LCD functions  
#include <alcd.h>
```

```
#define ADC_VREF_TYPE 0x40

// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;
    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);
    ADCSRA|=0x10;
    return ADCW;
}

// Declare your global variables here

void main(void)
{
    // Declare your local variables here
    char lcd_buffer[33];
    char lcd_buffer1[33];
    float vin;
    int in;
    int i1=1;
    float vin1;
    float in1;
    float out;
    float temp;
    float out2;
    int i3= 0;
    // Input/Output Ports initialization
    // Port A initialization
```

LAMPIRAN B

```
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In  
Func1=In Func0=In  
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T  
State1=T State0=T  
PORTA=0x00;  
DDRA=0x00;
```

```
// Port B initialization  
// Func7=In Func6=In Func5=Out Func4=Out Func3=Out  
Func2=Out Func1=In Func0=In  
// State7=T State6=T State5=1 State4=0 State3=1 State2=1  
State1=T State0=T  
PORTB=0x2C;  
DDRB=0x3C;
```

```
// Port C initialization  
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out  
Func2=Out Func1=Out Func0=Out  
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0  
State1=0 State0=0  
PORTC=0x00;  
DDRC=0xFF;
```

```
// Port D initialization  
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In  
Func1=In Func0=In  
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T  
State1=T State0=T  
PORTD=0x00;  
DDRD=0x00;
```

```
// Timer/Counter 0 initialization  
// Clock source: System Clock  
// Clock value: Timer 0 Stopped
```

LAMPIRAN B

```
// Mode: Normal top=0xFF
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer1 Stopped
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
```

LAMPIRAN B

```
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;

// USART initialization
// USART disabled
UCSRB=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 500.000 kHz
// ADC Voltage Reference: AVCC pin
// ADC High Speed Mode: Off
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x84;
SFIOR&=0xEF;
```


LAMPIRAN B

```
// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=0x00;

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD
menu:
// RS - PORTC Bit 0
// RD - PORTC Bit 1
// EN - PORTC Bit 2
// D4 - PORTC Bit 4
// D5 - PORTC Bit 5
// D6 - PORTC Bit 6
// D7 - PORTC Bit 7
// Characters/line: 16
lcd_init(16);

while (1)
{
    PINB.4 = 0;
    in = read_adc(1);
    vin = (in * (5.0/1023.0));
    out = ((320*5.0)-(320*vin)); // RUMUS ADC KE SUHU
    out2 = (out/vin);
    temp = (out2-100)/0.385;
    in1 = read_adc(2);
    vin1 = (in1 * (5.0/1023.0));

    lcd_gotoxy(0,0);
```

LAMPIRAN B

```
    sprintf(lcd_buffer,"TEMP: %.2f C ",temp);
    lcd_puts(lcd_buffer);
    delay_ms(100);
    lcd_gotoxy(0,1);
    sprintf(lcd_buffer1,"V2: %.2f VOLT ",vin1);
    lcd_puts(lcd_buffer1);
    delay_ms(100);

    if ( PINB.0 == 1 && temp < 60 ) // INPUT DARI MIKRO 1
    { PORTB.2 = 0 ; // HEATER 1 ON
      i1=0 ;
    }
    if ( PINB.0 == 1 && temp > 65 ) // INPUT DARI MIKRO 1
    { PORTB.2 = 1 ; // HEATER 1 OFF
      i1=0;
    }
    if ( PINB.0 == 0 && i1 == 0 ) // INPUT DARI MIKRO 1 DAN
LOCK
    { PORTB.3 = 0 ; // SV 3 ON
      PORTB.2=1;
      i1 = 1;
    }
    if ( i1 == 1 && vin1 > 1)
    {PORTB.3 = 1; // SV 3 OFF JIKA PD 1 HIGH
      PORTB.4 = 1; // KE MIKRO 3 UNTUK MENYALAKAN POMPA
      i3=1;

    }
  }
}
```

BIODATA PENULIS



Nama Lengkap penulis Anak Agung Yuniartha yang dilahirkan di Kota Malang pada tanggal 19 Juli 1996 dari Ayah bernama Agung Pribadi dan Ibu bernama Yuniati. Penulis merupakan anak tunggal. Saat ini penulis tinggal di Keputih gang 3c No.01 Surabaya. Alamat rumah penulis yaitu Dusun Bandung RT 09 RW 02 Desa Donomulyo Kecamatan Donomulyo kabupaten Malang Pada tahun 2008, penulis telah menyelesaikan pendidikannya di SDN 03 Donomulyo Malang.

Kemudian pada tahun 2011 penulis telah menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di SMPN 01 Donomulyo Malang. Tahun 2014 berhasil menyelesaikan pendidikan tingkat menengah atas di SMAN 01 Kepanjen dan melanjutkan studi di Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS. Pada tahun 2017 ini, penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN *TEMPERATURE* DALAM PROSES DEGUMMING PADA MINI PLAN BIODIESEL DI WORKSHOP INSTRUMENTASI”**. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir maka dapat menghubungi penulis melalui email yuniarta199@gmail.com.